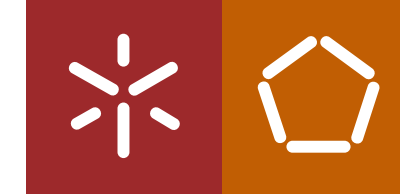
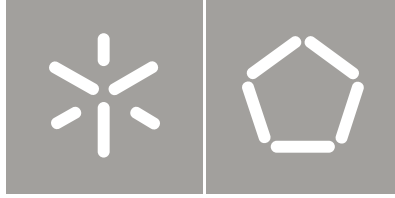


Ariana Sofia Barroso de Araújo

Implementação de um Sistema Pull e outras técnicas de produção Lean numa linha de montagem de componentes electrónicos

Universidade do Minho  
Escola de Engenharia





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Ariana Sofia Barroso de Araújo

Implementação de um Sistema Pull e outras  
técnicas de produção Lean numa linha de  
montagem de componentes electrónicos

Dissertação de Mestrado

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efectuado sob a orientação da  
Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que contribuíram directa e indirectamente para a elaboração da presente dissertação.

Agradeço à minha orientadora, professora Anabela Alves pela ajuda, atenção dispendida no esclarecimento de dúvidas, amizade e pela disponibilidade incondicional na orientação do trabalho.

Agradeço também aos colegas de departamento na empresa pela integração, conselhos e conhecimentos transmitidos durante todo o projecto.

Aos meus amigos que me apoiaram durante este ano de trabalho.

Aos meus pais porque sempre me apoiaram nas minhas decisões e me ajudaram a ser quem sou.



## Resumo

Esta dissertação foi realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, numa empresa de componentes electrónicos, a Bosch Car Multimedia, situada em Braga. O projecto tem como principal objectivo implementar o sistema *Pull* entre uma linha de montagem de placas de controladores de caldeira e as células de montagem final destes controladores de forma a criar sincronismo entre estes dois subsistemas e conseguir, assim, um fluxo de abastecimento contínuo de placas às células.

O sistema *Pull* é uma das ferramentas de *Lean Production*, aliada a outras utilizadas pela empresa para melhorar os processos e reduzir desperdícios. A *Lean Production* é um modelo de gestão que tem ajudado muitas empresas a superar dificuldades económicas na medida em que sustenta conceitos de eliminação de actividades que não acrescentam valor ao produto.

O estudo da implementação do sistema *Pull* foi realizado numa linha de montagem caracterizada por uma grande diversidade de famílias de produtos, pela falta de sincronismo entre subsistemas de montagem e muitos problemas de abastecimento em células de montagem final decorrentes da falta do sincronismo referido e dos muitos desperdícios existentes na linha. Nesta linha foram identificados vários tipos de desperdícios (tempos de espera, movimentos desnecessários, *stock*, entre outros) susceptíveis de ser eliminados.

O sistema *Pull* foi conseguido através do método *FIFO Lane*, que é uma abordagem similar ao sistema de controlo de actividade produtiva *CONstant Work in Process* (CONWIP). Para tal, foi necessário resolver problemas de sincronismo e sequências de produção num posto de trabalho crítico, que afectava toda a linha de montagem. A resolução dos problemas identificados foi conseguida através de ferramentas, nomeadamente, aplicação de 5S, de gestão visual e trabalho normalizado em alguns postos de trabalho e nas mudanças de produto.

Os principais resultados obtidos foram a redução de mudanças não programadas (20%) no posto de trabalho considerado o *bottleneck*. Consequentemente, houve uma redução dos desvios e uma estabilização do Tempo de Ciclo, que se reflecte numa redução de 40% do desvio padrão em relação ao Tempo de Ciclo. Com a aplicação da *FIFO Lane*, foi possível obter ganhos de cerca de 60% na ocupação de espaço e quantidade de produto em curso.

**Palavras-chave:** Sistema *Pull*, *Lean Production*, *FIFO Lane*, sincronismo, CONWIP



## Abstract

This thesis was developed in Master Degree in Engineering and Industrial Management, in a electronic components company, Bosch Car Multimedia, located in Braga. The main objective of this project is a *Pull System* implementation between assembly line PCB of boiler controllers and final assembly cells. This system purpose is to make synchronism between these production subsystems and to able a PCB continuous flow supply to final assembly cells.

The *Pull System* is one of tools that Lean Production use, as others used by this company. The Lean Production is a management model has helped many companies overcome economic difficult. This model has elimination activities concepts that not add value to the product.

The study of *Pull System* implementation was developed in an assembly line characterized by a lot of family products, lack of synchronism between assembly processes and supply problems in final assembly cells because lack of synchronism and wastes present in line. In this line was identified a lot of types of waste (waiting, over processing, *stocks*, any others) that can be eliminated.

The *Pull System* was implemented through of FIFO *Lane* method. This method is a similar approach of control System of productive activity *CONstant Work in Process* (CONWIP). For such, it was necessary solving problems of synchronism and production sequencing in a critical *Workstation* that affect entire assembly line. It was necessary to apply *standardized Work* on some *Work stations* and products change. Some problems were resolved through tools such as 5S, visual management and *standard Work* in some *Workstations* and product changes.

The main results obtained were a no schedule changes decrease (20%) in a bottleneck *Workstation*. Consequently, there was deviation decrease and cycle time stability. This reflects on decrease 40% of the *standard deviation* in relation of cycle time. After FIFO *Lane* application has obtained 60% return of space and final products quantity.

**Keywords:** *Pull System*, Lean Production; FIFO *Lane*, Synchronism, CONWIP





# Índice

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	v
Abstract .....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas .....	xvii
Lista de Siglas e Acrónimos.....	xix
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento e motivação.....	1
1.2 Objectivos .....	2
1.3 Metodologia de investigação .....	3
1.4 Estrutura da dissertação .....	4
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Lean Production .....	7
2.1.1 Conceito de desperdício e os desperdícios fundamentais.....	7
2.1.2 Princípios Lean Thinking .....	9
2.2 Origem de Lean Production – Toyota Production System.....	10
2.3 Técnicas Lean Production.....	11
2.3.1 Produção JIT.....	11
2.3.2 Autonomation – “Jidoka” .....	14
2.3.3 Nivelamento da produção – “Heijunka” .....	16
2.3.4 Melhoria contínua – “Kaizen” .....	17
2.3.5 Trabalho Normalizado .....	18
2.3.6 5S.....	19
2.3.7 Gestão Visual.....	20

2.3.8	Single Minute Exchange of Die .....	21
2.3.9	Value Stream Mapping .....	21
<b>2.4</b>	<b>Implementação de Lean Production .....</b>	<b>22</b>
2.4.1	Dificuldades de implementação de Lean Production .....	23
2.4.2	Benefícios.....	24
2.4.3	Casos de aplicação.....	25
<b>2.5</b>	<b>Paradigma Push-Pull .....</b>	<b>27</b>
2.5.1	Drum - Buffer - Rope .....	28
2.5.2	CONWIP .....	29
<b>3</b>	<b>APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1</b>	<b>Identificação e localização .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2</b>	<b>Grupo Bosch.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3</b>	<b>Estrutura organizacional e Recursos Humanos .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4</b>	<b>Missão, certificação e prémios.....</b>	<b>37</b>
<b>3.5</b>	<b>Área de negócio e produtos .....</b>	<b>37</b>
3.5.1	Desenvolvimento de novos produtos.....	39
3.5.2	Grau de personalização de produtos.....	41
<b>3.6</b>	<b>Mercado e principais clientes .....</b>	<b>42</b>
<b>3.7</b>	<b>Sistema de Produção .....</b>	<b>42</b>
3.7.1	Matéria-prima, componentes e fornecedores.....	43
3.7.2	Processo de produção e implantação.....	43
3.7.3	Fluxo de materiais .....	45
3.7.4	Fluxo de informação .....	48
<b>3.8</b>	<b>Princípios BPS.....</b>	<b>48</b>
3.8.1	Melhoria contínua e Processo Transparente e Standards .....	49
3.8.2	Flexibilidade .....	50
3.8.3	Stocks (WIP) .....	51

3.8.4	Princípio de Puxar.....	51
3.8.5	Satisfação de clientes .....	51
3.8.6	Satisfação de colaboradores .....	52
<b>4</b>	<b>DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA LINHA <i>HEATRONIC</i>.....</b>	<b>55</b>
<b>4.1</b>	<b>Produtos da Linha Heatronic.....</b>	<b>55</b>
<b>4.2</b>	<b>Implantação e fluxo de materiais na Linha .....</b>	<b>56</b>
4.2.1	Montagem Manual.....	58
4.2.2	Conveyor (AOI e Solda).....	60
4.2.3	Fim da Linha .....	62
<b>4.3</b>	<b>Análise crítica e identificação de problemas .....</b>	<b>63</b>
4.3.1	Análise ABC .....	64
4.3.2	Construção do Value Stream Mapping para a família Heatronic .....	64
4.3.3	Gráfico de Análise de Processo .....	67
4.3.4	Análise da Capacidade .....	69
4.3.5	Análise e determinação do OEE da linha .....	71
4.3.6	Paragem da montagem manual .....	72
4.3.7	Análise do Posto de Trabalho Crítico.....	72
4.3.8	Stock elevado no fim da linha .....	77
4.3.9	Longas distâncias entre a montagem manual e final.....	78
4.3.10	Síntese dos Problemas Encontrados .....	78
<b>5</b>	<b>APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA .....</b>	<b>81</b>
<b>5.1</b>	<b>Determinação da Sequência de Caixilhos .....</b>	<b>84</b>
5.1.1	Número de caixilhos.....	85
5.1.2	Conversão da quantidade de placas da Montagem Final para a da Manual.....	86
5.1.3	Tempo de Ciclo dos postos de trabalho.....	87
5.1.4	Cálculo do Nº de Caixilhos por Produto.....	89
5.1.5	Sequências para um turno de trabalho .....	90
5.1.6	Standards para postos de trabalho 4 e 5 .....	93

5.1.7	Aplicação de 5S na Organização dos Carrinhos .....	95
<b>5.2</b>	<b>Definição da FIFO Lane.....</b>	<b>96</b>
5.2.1	Sistemática de funcionamento da FIFO Lane.....	99
5.2.2	Actividades necessárias para implementar a sequência de caixilhos e FIFO Lane .....	102
<b>5.3</b>	<b>Alteração de Layout .....</b>	<b>103</b>
<b>5.4</b>	<b>Outras propostas .....</b>	<b>103</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO E AVALIAÇÃO DE RESULTADOS.....</b>	<b>107</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>111</b>
7.1	Conclusão.....	111
7.2	Trabalho futuro.....	112
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>115</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>121</b>
	<b>Anexo A – Símbolos do VSM .....</b>	<b>122</b>
	<b>Anexo B – Tempo de Ciclo para diferente número de operadores.....</b>	<b>123</b>
	<b>Anexo C – VSM Geral.....</b>	<b>124</b>
	<b>Anexo D – Folha de cálculo auxiliar ao cálculo da capacidade da linha.....</b>	<b>125</b>
	<b>Anexo E – Distribuição do Diagrama de Capacidade .....</b>	<b>126</b>
	<b>Anexo F – Folha de Marcação das Paragens.....</b>	<b>127</b>
	<b>Anexo G – Análise do Tempo de Ciclo .....</b>	<b>128</b>
	<b>Anexo H – Método de NIOSH .....</b>	<b>133</b>
	<b>Anexo I – Folha de Análise dos Caixilhos Rejeitados pelo AOI.....</b>	<b>136</b>
	<b>Anexo J – Sequências de caixilhos .....</b>	<b>137</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 – Modelo Investigação – acção.....	4
Figura 2 – Os 7 desperdícios .....	8
Figura 3 – Princípios <i>Lean Thinking</i> .....	9
Figura 4 - Pilares da casa TPS .....	10
Figura 5 – Diferença entre a) <i>continuous flow</i> e b) produção de lotes.....	12
Figura 6 - Exemplo de <i>Pacemaker</i> .....	13
Figura 7 – Exemplo de um <i>Poka-Yoke</i> .....	15
Figura 8 – Exemplo de <i>Andon</i> .....	16
Figura 9 – Gráfico Representativo do Nivelamento da Produção .....	17
Figura 10 – Ciclo PDCA .....	18
Figura 11 – Três Componentes do <i>Standard Work</i> .....	19
Figura 12 – Exemplos de aplicação de 5S.....	20
Figura 13 – Exemplo de um VSM .....	22
Figura 14 – Modelo das Áreas Funcionais e Factores Estratégicos para o Desempenho <i>Lean</i> .....	23
Figura 15 – Forças que suportam e resistem ao <i>Lean</i> .....	24
Figura 16 – Benefícios da <i>Lean Production</i> .....	25
Figura 17 – Cadeia de Abastecimento <i>Pull</i> .....	28
Figura 18 – Exemplo de DBR .....	29
Figura 19 – Diferença entre o <i>Pull</i> e <i>Push</i> Puro do CONWIP .....	30
Figura 20 – Representação de FIFO <i>Lane</i> num VSM.....	31
Figura 21 – Entrada principal da Bosch Car Multimedia.....	33
Figura 22 – Localizações Internacionais do Grupo Bosch.....	34
Figura 23 – Empresas Bosch em Portugal.....	35
Figura 24 – Organigrama de empresa .....	36
Figura 25 - a) b) c) Matriz de formação .....	36

Figura 26 – Produtos da empresa: a) Exemplo de um auto-rádio Audi b) Sistema de Navegação VW/SEAT/SKODA c) Controladores electrónicos (Termotecnologia (TT)) d) Controlo de Sistemas de Chassis (CC) .....	38
Figura 27 – Evolução do a) volume de vendas anual; b) nº de colaboradores .....	39
Figura 28 – Influência dos custos na mudança.....	39
Figura 29 – <i>Lean Line Design</i> : a) Desenho da linha 3D b) Desenho da linha 2D.....	40
Figura 30 - Principais clientes .....	42
Figura 31 – Sequência dos processos de produção.....	44
Figura 32 – <i>Layout</i> do piso 1 .....	44
Figura 33 – <i>Layout</i> do piso 2.....	45
Figura 34 – Fluxograma do fluxo de materiais.....	45
Figura 35 – Área de reembalagem.....	46
Figura 36 – Supermercados de matéria – prima a) e b) Zona de <i>Repacking</i> .....	46
Figura 37 – a) e b) Caixas com material nas rampas de gravidade .....	46
Figura 38 - a) Caixas vaivém no armazém b) Insertos retornáveis dos <i>Display</i> dos Auto-rádio c) Caixas vaivém nas linhas de montagem d) Caixa para <i>Kanban</i> de material vaivém .....	47
Figura 39 – Armazém de produto acabado .....	47
Figura 40 – Fluxograma do fluxo de informação .....	48
Figura 41 – Princípios e Objectivos BPS .....	49
Figura 42 - Vantagens da gestão visual.....	49
Figura 43 – Processo de melhoria contínua.....	50
Figura 44 – Satisfação dos clientes relativamente à qualidade dos produtos.....	52
Figura 45 – Evolução da satisfação dos colaboradores.....	53
Figura 46 – Fases do produto, fases do processo e implantação onde são realizadas as fases .....	56
Figura 47 – Implantação geral e fluxo de materiais dos produtos provenientes da linha <i>Heatronic</i> . 57	
Figura 48 – Diferentes partes da linha <i>Heatronic</i> .....	58
Figura 49 – Montagem manual da família <i>Heatronic</i> .....	59

Figura 50 - Montagem Manual Família <i>Riboard</i> e <i>Trim-Mid</i> .....	59
Figura 51 - Montagem Manual Família <i>Regler</i> , <i>IXM</i> , entre outros .....	60
Figura 52 – Convoyer a) Início e AOI; b) Máquina de solda; c) fim do convoyer .....	60
Figura 53 – Exemplos de calcadores.....	61
Figura 54 – Exemplos de caixilhos: a) <i>Heatronic</i> b) <i>Nefit</i> .....	61
Figura 55 – Carrinho que armazena caixilhos .....	62
Figura 56 – Posto de trabalho no fim do <i>convveyor</i> .....	62
Figura 57 – Células de montagem final .....	63
Figura 58 – Curva ABC relativa à quantidade .....	64
Figura 59 – Caixa de dados do VSM: Exemplo da montagem manual .....	65
Figura 60 – VSM de um produto da linha <i>Heatronic</i> .....	66
Figura 61 – Gráfico de análise de processo de um produto <i>Heatronic</i> .....	68
Figura 62 – Exemplo de uma placa: a) com 1 NUTZEN b) com 2 NUTZEN .....	69
Figura 63 - Gráfico da análise da capacidade e parâmetro disponibilidade do OEE.....	71
Figura 64 – Diagrama causa-efeito para as paragens do <i>convveyor</i> na montagem manual.....	72
Figura 65 - Posto de trabalho crítico .....	73
Figura 66 – Exemplo da não correspondência entre o caixilho do <i>convveyor</i> e a placa proveniente da montagem manual.....	73
Figura 67 – Tempo de Ciclo registado no posto de trabalho que coloca placas nos caixilhos: a) com desvios b) sem desvios .....	74
Figura 68 – Computador longe do posto de trabalho.....	75
Figura 69 – Esquema representativo dos locais de elevação.....	76
Figura 70 – a) Container incompleto b) Container do produto Reger no local do IXM.....	77
Figura 71 – VSD de um produto <i>Heatronic</i> .....	83
Figura 72 – Exemplo da proposta de frames .....	84
Figura 73 – Esquema representativo dos postos de trabalho e do convoyer .....	85
Figura 74 – Fluxo de placas.....	88

Figura 75 – Esquema que representa a saída de placas dos 3 braços e a possibilidade ter caixilho pronto .....	89
Figura 76 – Sequência para produção de <i>Heatronic/ Regler/ Riboard</i> .....	90
Figura 77 – Cartão de aviso de mudança .....	91
Figura 78 – Postos de trabalho com necessidade de <i>standards</i> .....	93
Figura 79 – Documento <i>standard</i> para as sequências .....	95
Figura 80 – Identificação de carrinhos .....	96
Figura 81 – Espaço ocupado pela FIFO <i>Lane</i> .....	98
Figura 82 – Proposta de novo cartão de identificação de produto .....	99
Figura 83 - Sistemática de funcionamento da FIFO <i>Lane</i> .....	100
Figura 84 – Folha de trabalho <i>standard</i> .....	101
Figura 85 – Pano de Implementação .....	102
Figura 86 – Proposta de alteração de <i>Layout</i> .....	103
Figura 87 – Separador para colocar calcadores .....	104
Figura 88 – a)TC com desvios b) TC sem desvios após implementação da sequência .....	108
Figura 89 – Demonstração dos cálculos dos ganhos do OEE .....	109
Figura 90 – Símbolos do VSM .....	122
Figura 91 – VSM geral de um produto <i>Heatronic</i> .....	124
Figura 92 – Diagrama de capacidade .....	126
Figura 93 – Folha de paragem do <i>Heatronic</i> .....	127
Figura 94 – Folha de marcação de rejeições no AOI .....	136
Figura 95 – Sequência para novo cenário .....	138



## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Principais fornecedores .....	43
Tabela 2 – Tipo de famílias de produtos produzidas, braço da linha onde é realizada a montagem manual e célula de montagem final .....	55
Tabela 3 – Postos de trabalho e respectiva função .....	57
Tabela 4 – Horários da linha .....	58
Tabela 5 – Indicadores de desempenho das células finais .....	63
Tabela 6 – Tabela de apoio ao cálculo das classes ABC .....	64
Tabela 7 – Exemplo da relação PCB/ NUTZEN .....	70
Tabela 8 - Comparação entre a quantidade planeada e real .....	70
Tabela 9 – Dados necessários ao cálculo do índice de elevação composto (IEC) .....	76
Tabela 10 – Desfasamento entre turnos na montagem manual e final .....	78
Tabela 11 – Síntese dos problemas encontrados .....	79
Tabela 12 – Propostas de melhoria .....	81
Tabela 13 – Tabela de apoio ao cálculo do nº de caixilhos .....	86
Tabela 14 – Plano de produção para o 1º turno .....	86
Tabela 15 – Plano de produção para o 2º turno .....	87
Tabela 16 - Plano de produção para o 3º turno.....	87
Tabela 17 – Tempos de Ciclo para diferentes famílias e números de postos de trabalho.....	88
Tabela 18 – Tempo de Ciclo das células de montagem final .....	89
Tabela 19 – Tabela de apoio ao cálculo do nº de caixilhos .....	90
Tabela 20 – Tabela de apoio ao cálculo do tempo de produção para a sequência .....	91
Tabela 21 – Sequência de caixilhos para o 1º turno .....	92
Tabela 22 – Tabela de apoio à sequência de caixilhos.....	92
Tabela 23 – Determinação do número de containers de segurança .....	97
Tabela 24 – Informação sobre as quantidades no supermercado .....	98
Tabela 25 – Actividades do plano de implementação.....	102

Tabela 26 - Definição das actividades .....	104
Tabela 27 - Definição das actividades após SMED.....	105
Tabela 28 – Resumo das melhorias encontradas .....	109
Tabela 29 – Tempos de Ciclo para cada família.....	123
Tabela 30 – Folha de cálculo da capacidade .....	125
Tabela 31 – Folha de análise de Tempo de Ciclo Dia 15.....	128
Tabela 32 - Folha de análise de Tempo de Ciclo Dia 16 .....	129
Tabela 33 - Folha de análise de Tempo de Ciclo Dia 17 .....	130
Tabela 34 - Folha de análise de Tempo de Ciclo Dia 18 .....	131
Tabela 35 - Folha de análise de Tempo de Ciclo Dia 19 .....	132
Tabela 36 – Determinação da qualidade da pega .....	134
Tabela 37 – Auxílio à determinação do multiplicador de frequência .....	134
Tabela 38 - Auxílio à determinação do multiplicador de pega.....	134
Tabela 39 – Sequências de caixilhos para o 2º turno .....	137
Tabela 40 – Tabela de apoio 2 à sequência de caixilhos.....	137
Tabela 41 - Sequências de caixilhos para o 3º turno.....	138
Tabela 42 – Tabela de apoio 3 à sequência de caixilhos.....	138

## **Lista de Siglas e Acrónimos**

AOI - *Automatic Optical Inspection*

BPS - *Bosch Production System*

CIP - *Continuous Improvement Process*

CONWIP - *CONstant Work-In-Process*

DBR - *Drum Buffer Rope*

EFQM - *European Foundation for Quality Management*

FIFO - *First In First Out*

GEZ - *Gesamteindeckungzahl*

HRM - *Human Resource Management*

HU - *Handling Unit*

JIT - *Just in Time*

LP - *Lean Production*

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

ONRH - *Observatório Nacional de Recursos Humanos*

PCB - *Printed Circuit Board*

PDCA - *Plan, Do, Check, Act*

PDP - *Plano Director de Produção*

QCO - *Quick ChangeOver*

SMD - *Surface Mount Device*

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

TC - *Tempo de Ciclo*

TKS - *Toyota Kanban System*

TPM - *Total Preventive Maintenance*

TPS - *Toyota Production System*

TQM - *Total Quality Management*

TT - *Takt Time*

VSD - *Value Stream Design*

VSM - *Value Stream Mapping*

WIP - *Work In Process*

# 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é realizado um enquadramento do tema da presente dissertação e são apresentados os objectivos. Adicionalmente, é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento da dissertação e descreve-se como está organizada a dissertação.

## 1.1 *Enquadramento e motivação*

Actualmente, com a crise económica que se faz sentir, surge uma maior necessidade das empresas reduzirem os seus custos de forma a resistirem e conseguirem ultrapassar esta situação. A eliminação de actividades que não acrescentam valor ao produto, produzir o que o cliente realmente necessita e tornar o processo mais eficiente podem ser soluções que contribuem para tal. Para além disso, é necessário garantir qualidade nos produtos e serviços, prazos de entrega fiáveis e preços competitivos, mantendo assim a satisfação do cliente.

Aliado a estes conceitos está a produção *Lean*, cujos benefícios expressos em Womack et al. (1990) têm levado a que muitas empresas a adoptem, adaptando os seus princípios e aplicando as suas ferramentas. A empresa Toyota foi a promotora da produção *Lean* ao implementar este tipo de produção no seu sistema: o *Toyota Production System* (Monden, 1998). Depois muitas empresas seguiram este exemplo de referência, sendo a Bosch uma dessas empresas, que tem implementado a produção *Lean* cumprindo com alguns princípios internos que vão ao encontro do modelo organizacional citado mas mantendo a sua cultura, utilizando uma designação própria para o seu sistema de produção – o *Bosch Production System* (BPS).

Os princípios BPS são os seguintes: orientação para os processos, qualidade perfeita, princípio de puxar, flexibilidade, *standardização*, processo transparente, eliminação de desperdícios e envolvimento e responsabilização das pessoas. Os objectivos são produzir produtos com qualidade e cumprir os prazos de entrega com menor custo. A concretização destes objectivos pressupõe a satisfação do cliente e a satisfação dos colaboradores na entrega de produtos com qualidade (Bosch, 2003/2004).

Para implementar a produção *Lean* no BPS, a empresa tem realizado sistematicamente projectos relacionados com a implementação de ferramentas *Lean* nos armazéns e nas linhas e células de montagem dos vários produtos que produz. Muitos destes projectos são desenvolvidos com a ajuda de alunos em dissertação que integram uma equipa multidisciplinar na empresa. Resultados destes

projectos podem encontrar-se nas muitas dissertações realizadas ou em artigos de conferências, nomeadamente, Costa et al., (2008), Afonso & Alves (2009) e Oliveira & Alves (2009).

Neste sentido, surge mais esta dissertação com o intuito de implementar o sistema *Pull* entre uma linha de montagem de placas e as células de montagem final de controladores de caldeiras usando uma abordagem de *FIFO Lane* (Rother & Shook, 1999) mais conhecida por CONWIP. As placas são o principal componente dos controladores de caldeiras que é um produtos desta empresa. Com o sistema *Pull* pretende-se resolver problemas relacionados com a falta de sincronismo entre a linha de montagem manual das placas e as células de montagem final dos controladores, i.e. a paragem das células por falta de placas ou demasiadas placas em espera (demasiado WIP). Estes são problemas típicos que ocorrem quando o *output* de uma célula torna-se o *input* de outra.

## **1.2 Objectivos**

O objectivo desta dissertação foi implementar um sistema *Pull* entre a linha de montagem das placas e as células de montagem final dos controladores de caldeiras para criar sincronismo entre os dois subsistemas e obter um fluxo contínuo de abastecimento placas às células. Os objectivos específicos são:

- Analisar a técnica *FIFO Lane* e avaliar outras técnicas existentes (kanban System e DBR) para implementar *Pull* na linha em estudo;
- Garantir o abastecimento das células de montagem final através da implementação de sincronismo entre a linha de montagem manual;
- Redução de desperdícios através da aplicação de outras ferramentas.

Outras ferramentas *Lean* a aplicar nesta linha de montagem que a empresa já aplicava noutras linhas e células são: trabalho normalizado, gestão visual, 5S, VSM, *kaizen*, para reduzir desperdícios que levavam ao mau funcionamento da linha.

Desta forma, espera-se eliminar alguns dos problemas existentes nesta secção, nomeadamente, o abastecimento não normalizado das células de montagem final, fluxo de materiais descontínuo e a falta de sincronismo entre processos e tempos de mudança. Na verdade, é necessário ter em conta que um dos objectivos da empresa é ter um prazo de entrega reduzido, satisfazendo o cliente ao nível deste e da qualidade. Assim, torna-se imprescindível conceber um sistema produtivo com *Lead Times* reduzidos, eliminando desperdícios e torná-lo o mais eficiente possível.

### 1.3 *Metodologia de investigação*

Uma fase bastante importante quando se procede à investigação de um tema é a escolha de uma metodologia a utilizar. A metodologia deve permitir orientar o trabalho e estabelecer algumas prioridades. A metodologia de investigação utilizada ao longo da dissertação foi a metodologia “Action-Research” ou metodologia de Investigação – Acção. Esta metodologia foi escolhida porque a autora da dissertação foi integrada na empresa como mais um colaborador/investigador tendo um papel activo, participativo e interventivo na acção da empresa. A metodologia Investigação – Acção “aims to contribute both to the practical concerns of people in an immediate problematic situation and to further the goals of social science simultaneously. Thus, there is a dual commitment in action research to study a system and concurrently to collaborate with members of the system in changing it in what is together regarded as a desirable direction. Accomplishing this twin goal requires the active collaboration of researcher and client, and thus it stresses the importance of co-learning as a primary aspect of the research process.” (Gilmore et al., 1986).

A investigação – acção procura solucionar problemas reais através do conhecimento (Silva, 1996 citado por César, 2001). O início da dissertação partirá de uma situação real, com problemas associados em que o investigador será um interveniente activo, sendo que isto é uma das características da investigação - acção (César, 2001). Esta estratégia distingue-se das outras pelo facto de se esperar que fomente a mudança na organização (Romero, 2010).

Segundo Susman (1983), existem cinco fases do modelo investigação – acção acção (Figura 1): 1) diagnóstico na qual se identifica e define o problema, 2) plano de acções a desenvolver, 3) seleccionar a acção para implementar, 4) estudo das consequências das acções e finalmente 5) especificação da aprendizagem e identificar os principais resultados, verificar ainda se a acção resolveu o problema reiniciando o processo caso necessário.

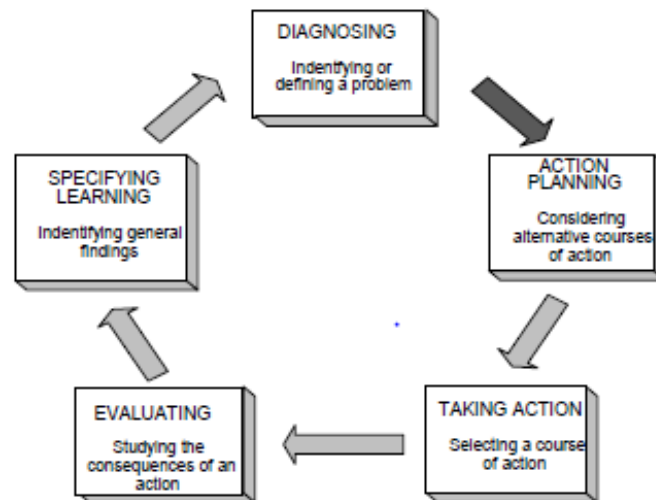


Figura 1 – Modelo Investigação – acção  
(Susman, 1983 citado em O'Brien, 1998)

Nesta dissertação, as perguntas de investigação são as seguintes:

- A técnica FIFO *Lane* para implementar *Pull* numa linha de montagem é adequada?
- As técnicas *Kanban* e *DBR* poderiam ser uma alternativa à FIFO *Lane*?

Isto equivale a questionar-se se a técnica FIFO *Lane* é, na verdade, uma técnica apropriada para implementar o sistema *Pull* e sendo assim, quais as vantagens em relação às outras técnicas e os benefícios da sua aplicação. No final da dissertação, através dos estudos realizados pretende-se dar resposta a estas questões e averiguar a sua viabilidade. Antes dos estudos realizados, foi importante fazer uma revisão bibliográfica pois permitiu conhecer o que já estava publicado sobre o tema, fundamentar alguns conceitos e auxiliar na resposta às perguntas de investigação.

#### 1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em sete capítulos que serão descritos seguidamente. A introdução é feita no capítulo 1, no qual se faz um enquadramento ao tema, se finem os objectivos e se descreve a metodologia utilizada na dissertação.

De seguida, o capítulo 2 diz respeito à revisão bibliográfica sobre o tema *Lean production*, a origem deste modelo organizacional, os princípios pelos quais se orienta, os benefícios da sua implementação e técnicas a utilizar para tal. Aliado ao *lean* está presente a lógica *Pull*, sendo bastante importante para o presente trabalho visto que a sua implementação é um dos principais objectivos. Assim, são descritas várias técnicas diferentes para implementação desta.

No terceiro capítulo é feita a descrição da empresa onde o trabalho se realizou – Bosch Car Multimedia. Esta descrição envolve a identificação e localização da empresa, a apresentação do



Grupo Bosch, a identificação da área de negócio e os principais produtos, o mercado e os principais clientes, a caracterização do sistema produtivo e a apresentação dos princípios BPS.

A descrição e análise da área específica onde o trabalho se centralizou estão presentes no capítulo quatro. Neste é feita uma descrição do fluxo de materiais e da implantação da linha de montagem, isto é, a situação actual, apresenta-se o VSM de um produto representativo e são feitas algumas análises que dão origem a um levantamento de problemas.

No capítulo 5 são apresentadas algumas propostas de melhoria tendo em conta os problemas encontrados, nomeadamente os procedimentos abordados para a concretização de sincronismo no processo e aplicação da técnica *FIFO Lane*.

No capítulo 6 é realizada uma discussão de resultados comparando os dados iniciais com os obtidos após as propostas de melhoria.

As conclusões do trabalho elaborado são abordadas no capítulo 7 tal como as propostas de trabalho futuro. Neste capítulo são dadas algumas recomendações para trabalhos futuros de forma a que a empresa continue a melhorar.

Para além disso, são apresentadas as referências bibliográficas que servem como suporte a todo o trabalho elaborado tal como alguns anexos que contêm documentos utilizados ou criados no âmbito deste projecto.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo faz-se uma revisão bibliográfica do modelo organizacional que suporta esta dissertação. Assim, é definida a *Lean Production*, as principais técnicas e casos de aplicação. Adicionalmente, é apresentado o paradigma *Push/Pull* e algumas ferramentas para implementar o sistema *Pull*.

### 2.1 *Lean Production*

A *Lean Production* (LP) veio contrariar o paradigma da produção em massa implementada por Henry Ford. Em relação à terminologia, o termo *lean*, neste contexto, significa a eliminação de qualquer desperdício existente numa organização. Este sugere “a quantidade certa no momento certo”, traduzindo-se em menos recursos, menos espaço, menos *stocks*, menos desvios mantendo, no entanto, a satisfação do cliente. A eliminação de desperdícios pode ser feita através de técnicas apropriadas. Através destas, as organizações podem ganhar considerável vantagem competitiva na entrega de produtos e serviços no que diz respeito ao uso de recursos, isto é, produzir mais com menos (Paez et al., 2004; Amir et al., 2010).

A *Lean Production* analisa toda a cadeia de valor da organização, eliminando todas as actividades que não acrescentam valor aos produtos do ponto de vista do cliente. Esta visa a concepção de sistemas produtivos que minimizem os desperdícios, respondam as necessidades dos clientes, que tenham baixos tempos de entrega e o mínimo possível de *stock* (Womack et al., 1990; Amir et al., 2010).

Apesar deste modelo ser abrangente, por vezes é difícil encontrar uma definição sucinta para *Lean Production* que o represente adequadamente. Kerr (2006) define-o como “...is essentially a business discipline that is built around obeying only the customer’s demand signal (or “*Pull*”) and getting rid of waste everywhere in the supply chain – waste in overproduction as well as in inventory”.

#### 2.1.1 *Conceito de desperdício e os desperdícios fundamentais*

O conceito de desperdício pode ser entendido como tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto do ponto de vista do cliente. Womack et al., (1990) referem que desperdício é: “*concepção de produtos e serviços que não vão ao encontro das necessidades do cliente*”. Pode ainda entender-se que desperdício é fazer algo que não era necessário fazer porque, por exemplo, não vai ser usado ou

consumido, como afirma Drucker (2003): “*Não há nada mais inútil do que fazer de forma eficiente algo que nunca deveria ter sido feito*”.

Da afirmação anterior é possível identificar um desperdício (*muda*, em japonês) que é considerado o pior dos desperdícios pela Toyota que é o desperdício da sobreprodução, i.e., produzir a mais do que o necessário pois significa investir tempo e recursos (energia, matérias-primas, pessoas, entre outros) em produtos que o cliente não vai comprar e que podem tornar-se obsoletos. Adicionalmente, este desperdício leva a um maior investimento em espaços, armazéns e outros recursos sem nenhum retorno. Além deste, existem mais 6 desperdícios (*muda*) fundamentais que servem como guia de implementação do sistema *Lean*: tempos de espera, transporte, processamento inadequado, excesso de *stocks*, defeitos e movimentações desnecessárias (Figura 2) (Herrmann et al., 2008).



**Figura 2 – Os 7 desperdícios**  
(Bosch, 2003/2004)

Os tempos de espera geram desperdício de tempo, energia e recursos na paralisação da produção. O transporte em excesso é desperdício na medida em que resulta num dispêndio desnecessário de pessoas, capital, tempo e energia. O processamento inadequado consome energia e recursos que não geram valor ao produto, mais matérias-primas por unidade de produção. O excesso de *stocks* é um dos mais importantes desperdícios, faz com que haja mais embalagens para armazenar, que se traduz em espaço, deterioração de produtos, entre outros. Os defeitos representam um custo para a organização visto que um produto defeituoso faz com que seja necessário produzir mais um, que significa desperdício de recursos, tempo e materiais. As movimentações desnecessárias muitas vezes demonstram a desorganização dos locais de trabalho e despreocupação com o estudo do trabalho, resultando deste modo, num mau desempenho destes (Sullivan et al., 2002; Heymans, 2010; Herrmann et al., 2008).

Adicionalmente, Liker (2004) adicionou a estes sete mais um: o não aproveitamento do potencial humano. O conceito de criação valor tem mudado bastante nas organizações e neste momento, segundo Saint-Onge & Wallace (2003), os activos intangíveis são a mais importante forma de criar valor. Cada vez mais, é importante fazer gestão do conhecimento dos membros de uma organização e aplicá-lo de forma mais eficiente com intuito de gerar valor. Esta poderá, sem dúvida, ser um factor de sucesso e de diferenciação para uma organização (Hildreth et al., 2000).

### 2.1.2 *Princípios Lean Thinking*

A redução/eliminação dos desperdícios não é um processo fácil. Womack & Jones (1996) mostram os cinco princípios de *Lean Thinking* que ajudam nesse processo e que são descritos seguidamente:

- Valor: os produtos da organização devem ter o valor que o cliente realmente deseja;
- Cadeia de Valor: é necessário analisar todos os processos nos quais os produtos passam, tentando eliminar todas as actividades que não acrescentam valor;
- Fluxo de Produção: o fluxo de produção deverá ser contínuo, eliminando os tempos de espera e *stocks* de forma a responder e melhorar a datas de entrega e serviço ao cliente;
- Lógica Pull: nesta lógica, o cliente é quem puxa a produção de uma organização, produzindo no momento e na quantidade que este necessita, evitando assim que se crie *stocks*. Este é um dos princípios mais reconhecidos e que vai ao encontro da filosofia JIT, tendo como objectivo sincronizar a cadeia de valor com as necessidades do cliente;
- Busca da Perfeição: com a concretização dos princípios referidos acima, a organização procura atingir a perfeição, na medida em que se esforça para a melhoria contínua (Womack et al., 1990; Paez et al., 2004; Sebroza, 2008).

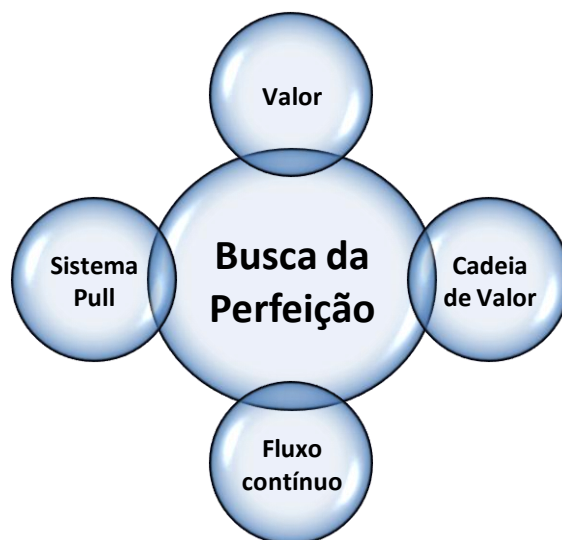


Figura 3 – Princípios *Lean Thinking*  
(Womack & Jones 1996)

## 2.2 Origem de Lean Production – Toyota Production System

Após a Segunda Guerra Mundial, vários países foram confrontados com enormes problemas, nomeadamente a indústria automóvel japonesa que sofreu com a falta de recursos. A Europa e os EUA não ofereciam diversidade de produtos, os seus sistemas eram rígidos e tinham processos de fabrico e de gestão muito complexos e pouco flexíveis. Deste modo, a *Toyota Motors Company* tentou encontrar formas de acompanhar o crescimento industrial dos seus concorrentes, disponibilizando maior variedade de produtos com qualidade e a baixo custo. Na verdade, foi necessário criar um sistema produtivo que respeitasse estes requisitos de forma a sobreviver à crise no sector. Desta forma, a Toyota desenvolveu o *Toyota Production System* (TPS) (Monden, 1998). Este sistema apoia-se numa forma de gestão suportada na melhoria contínua, eliminando o desperdício, orientando a produção para a satisfação do cliente, introduzindo práticas de prevenção de erros (*poka-yoke*) e desenvolvendo o sistema puxado (Liker, 2004).

Na década de 1990 foi lançado o livro “*The Machine That changed the world*” por investigadores do MIT (Womack et al., 1990) onde o TPS aparece sob a designação de *Lean Production* e onde estes autores não tinham dúvidas de que o TPS primava em qualidade e eficiência. Os automóveis japoneses duravam mais que os americanos e não exigiam tanta manutenção. A Toyota produzia carros com maior conforto e velocidade, com um custo competitivo e pagando salários relativamente altos aos funcionários (Liker, 2004).

O sucesso deste sistema baseia-se maioritariamente em métodos e ferramentas que a Toyota desenvolveu tendo como pilares o *Just-in-Time* (JIT) e o *Jidoka* como ilustra a Figura 4 (Womack et al., 1990; Liker, 2004).



Figura 4 - Pilares da casa TPS  
(Liker & Morgan, 2006)

## 2.3 Técnicas Lean Production

A produção JIT e o *Autonation* conduzem a melhorias de eficiência e eficácia de um sistema produtivo e são complementadas com outras técnicas. Tal como a casa TPS (Figura 4) demonstra, na sua base está a produção nivelada e o trabalho normalizado. Com o desenvolvimento da *Lean Production* foram-se aperfeiçoando e criando outras técnicas, descritas seguidamente, que levam ao último princípio *Lean* (busca da perfeição).

### 2.3.1 Produção JIT

O JIT revela ser uma técnica de produção bastante poderosa, na medida em que permite efectuar a eliminação dos desperdícios durante todo o processo produtivo, ou seja, desde a aquisição de matérias-primas até à expedição. O JIT pretende fazer processos rápidos, obtendo os produtos com qualidade, no sítio certo e no tempo certo. Deste modo, a eliminação de desperdícios vai contribuir para que as organizações consigam reduzir os seus custos e melhorar a qualidade dos seus produtos. Em suma, o JIT é uma técnica que permite suprimir actividades que não acrescentam valor ao produto, conduzindo a uma redução de custos, *stocks* e tempos de espera (Hay, 1998). Para conseguir implementar JIT é necessário implementar o conceito de *Pull System*, o *Takt Time*, e fluxo contínuo. Estes 3 conceitos estão intrinsecamente relacionados visto que na lógica *Pull* está inerente a produção que o cliente necessita que se traduz no *Takt Time* do cliente e que é necessário calcular inicialmente. Por sua vez, reflecte-se nas quantidades produzidas, deixando de ser por lotes mas sim *One-Piece-Flow*.

#### 2.3.1.1 Takt Time

Este indicador representa uma taxa média de pedidos do cliente e tem como objectivo sincronizar o ritmo da produção com os pedidos do cliente para que este seja satisfeito. Assim, a organização tem uma referência do ritmo de produção que deverá ter para responder às encomendas no tempo e na quantidade desejadas. “*Takt Time* is the basis for cell design and represents the rate of consumption by the marketplace... The ratio for *Takt Time* has scheduled production time available as the numerator and designed daily production rate as the denominator” (Feld, 2000). Este indicador é bastante importante devido à necessidade de obter o Tempo de Ciclo (TC) do sistema, que para responder ao cliente deverá ser inferior ao *Takt Time* (Toledo & Vagner, 2009). Idealmente, o *Takt Time* deveria ser igual ao Tempo de Ciclo do sistema, o que significava que este conseguia responder directamente e com a mesma rapidez que o cliente deseja, contudo nem sempre a cadeia de valor consegue responder a esta prática (Liker & Lamb, 2000).

### 2.3.1.2 Fluxo Contínuo

*Continuous flow* contraria a produção em lotes (Figura 5) e permite ter um fluxo linear entre processos, conseguindo uma melhor eficiência entre estes. Isto possibilita a existência de processos sincronizados e balanceados relativamente à carga de trabalho, garantindo o *One-Piece-Flow*. Segundo Sekine (1992) “*One-Piece* significa produção orientada para o mercado” e o seu pioneiro foi Henry Ford, que usou uma corda ao longo de uma linha de montagem para puxar os automóveis, mantendo os trabalhadores fixos no posto. Esta foi uma abordagem que veio contrariar a do trabalhador movimentar-se de produto em produto, pois este mantinha-se estacionário.

Embora Ford tivesse usado com sucesso o *One-Piece-Flow* na montagem, nos processos de maquinagem continuava a usar produção em lotes devido a: maximizar a utilização do equipamento, manter os trabalhadores especializados e manter uma taxa de produção elevada. O *One-Piece* tem maior benefício no que diz respeito à eliminação de desperdícios porque evita os movimentos do operador e este possui as ferramentas e material num único local, não desperdiçando tempo na sua procura (Sekine, 1992).

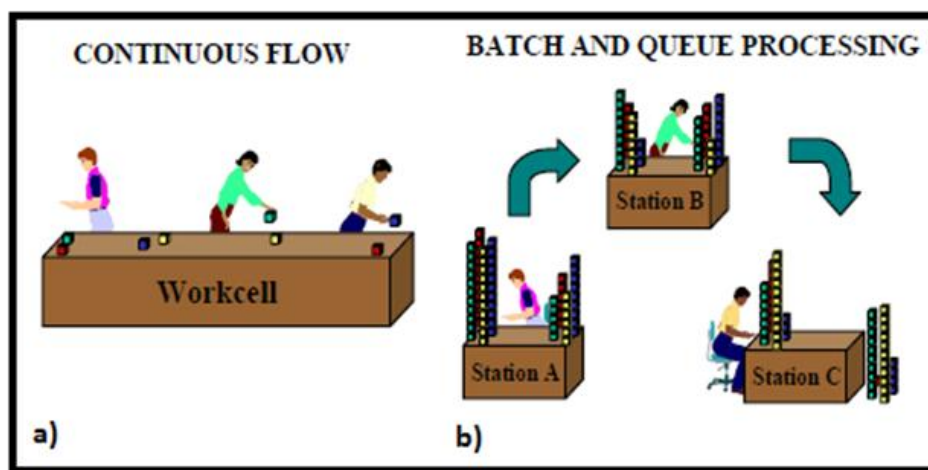


Figura 5 – Diferença entre a) *continuous flow* e b) produção de lotes  
(Liker & Lamb, 2000)

Uma das vantagens desta produção é que facilmente se detecta o estrangulamento (*bottleneck*) do sistema e desvios que possam ocorrer. Com esta forma de produção evita-se elevadas quantidades de WIP e consequentemente *Lead Times* elevados (Liker & Lamb, 2000).

Contudo, num sistema real, por vezes torna-se impossível aplicar técnicas como *One-Piece-Flow* devido ao facto de não ser possível balancear as cargas de todos os postos de trabalho, existirem flutuações da procura, variações dos tempos de produção e desvios que ocorrem no sistema (Ribeiro, 1998).



### 2.3.1.3 Sistema Pull usando Toyota Kanban System

O sistema puxado (*Pull*) é o sistema usado pela técnica JIT pelo facto de se produzir a quantidade necessária, eliminando *stocks* e desperdícios inerentes ao processo, bem como reduzindo *Lead Times* e garantindo a satisfação do cliente. O sistema *Pull* assume que cada processo dentro da empresa é um cliente interno, logo, deverá receber o produto (que poderá representar material, produtos semi-acabados, produto acabado, entre outros) na quantidade e momento certos. Esta ideia vai de encontro ao princípio de Deming “o próximo processo é o cliente” (Liker, 2004). Na verdade, este processo vai permitir a redução de *stocks* de produto final e de *WIP* visto que apenas se produz o que o cliente necessita. A produção é puxada a partir do cliente, ou seja, uma ordem de produção é lançada apenas quando o cliente deseja (Monden, 1998). Deste modo, é necessário definir um processo que marque o ritmo de todo o sistema produtivo, o chamado *pacemaker*. Para Rother & Shook (1999), este processo deverá ser o mais próximo do cliente e é este quem deverá puxar a produção, isto é possuir o planeamento do produto acabado de acordo com o *Takt Time* do cliente.

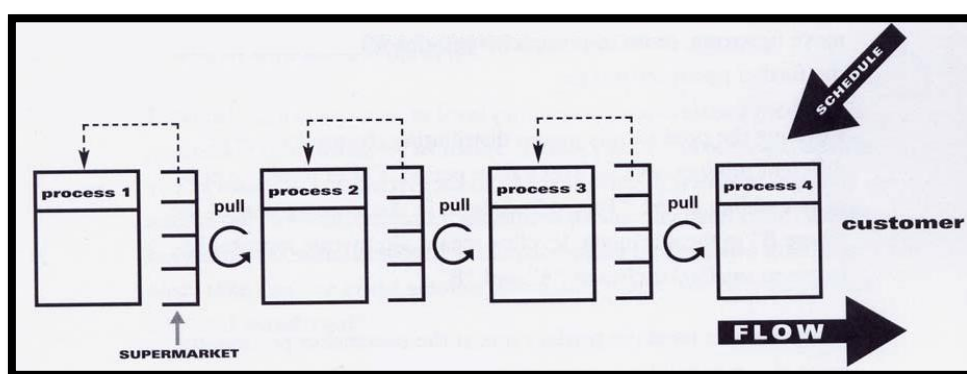


Figura 6 - Exemplo de *Pacemaker*  
(Rother & Shook, 1999)

Na produção JIT, a coordenação da produção e o transporte de peças/componentes entre os diferentes processos produtivos é uma tarefa extremamente importante para impedir a ruptura ou excesso de peças/componentes (The Productivity Development Team, 1998). O mecanismo de controlo da actividade produtiva associado ao TPS é o *Toyota Kanban System* (TKS).

O sistema *Kanban* (em japonês) ou cartão é uma forma de Controlo da Produção e está sempre associado a um supermercado. O conceito de supermercado é usado para definir locais de inventário com quantidades controladas, onde existe mínimos e máximos de material ou produto que são repostas mediante o que o cliente consome. Deste modo, permite saber as quantidades existentes e possibilita a redução dos níveis de *stocks* de segurança (Monden, 1998; Liker & Morgan, 2006). Esta é a forma de dar resposta às possíveis flutuações do cliente e aos problemas que por vezes ocorrem no sistema, de forma a não afectar a cadeia de valor.

Neste sistema existem dois tipos de cartões: *Kanban* de produção e *Kanban* de transporte. No primeiro, os postos de trabalho apenas podem produzir quando tiverem na sua posse um *Kanban* de produção, que lhes indica a quantidade de peças/componentes a fabricar de modo a repor as que foram retiradas do supermercado. No caso do *Kanban* de transporte, este destina-se a mover artigos de um local de armazenamento para outro, definindo as quantidades a transportar entre postos de trabalhos (Ribeiro, 1998). A fórmula (equação 1) que determina o número de *Kanbans* que vão circular no sistema é a seguinte:

$$N = \frac{D \times LT \times (1 + \text{Factor de segurança})}{a} \quad (1)$$

em que:  $D$  é a procura,  $LT$  é o prazo de entrega e  $a$  é o tamanho do contentor (Chan, 2001).

### 2.3.2 *Autonomation – “Jidoka”*

Muitas vezes, as organizações não obtêm dos seus colaboradores o desempenho desejado, sendo uma das razões a falta de motivação e envolvimento destes nos processos e nas actividades de melhoria contínua. Deste modo, surgiu o *Jidoka*, a palavra japonesa para *Autonomation* (Monden, 1998) que consiste em aumentar o grau de responsabilidade e autonomia dos operadores no sistema produtivo, aumentando a envolvimento destes. Assim, segundo as ideias de Sakichi Toyoda, *Jidoka* é “*facultar ao operador ou à máquina a autonomia de paralisar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade*” (Ghinato, 2006). No entanto, a aplicação deste conceito não se restringe apenas às pessoas, podendo também ser aplicado a qualquer máquina de uma linha de produção no caso de acontecer alguma irregularidade, como se pode perceber na definição acima.

O grande objectivo do *Jidoka* é impedir a geração e propagação dos defeitos, eliminando as irregularidades que surgem no processo produtivo através da construção de mecanismos de prevenção de defeitos de trabalho em máquinas e linhas de produção. Os passos para se aplicar *Jidoka* são: 1) Detectar problemas, 2) Parar os processos, 3) Restaurar os processos e fazê-los funcionar, 4) investigar as causas do problema e 5) Instalar contra-medidas.

Uma das técnicas para se conseguir *Autonomation* é a aplicação de dispositivos *Poka-Yoke*. Neste sentido, reduz-se os tempos em que as linhas se encontram paradas por reincidências de anomalias no processo (Monden, 1998; Ghinato, 2006; Grout & Toussaint, 2010).

#### 2.3.2.1 *Mecanismos “Poka-Yoke”*

O *Poka-Yoke* é uma técnica que permite eliminar falhas humanas nas organizações. Esta técnica consiste na instalação de sensores ou outros dispositivos que permitem detectar ou mesmo prevenir a execução incorrecta de processos (Oakland, 1993; Reid, 2002).

Segundo Shingo (1989) existem 2 tipos de *Poka-Yoke*: os de advertência e os de controlo. Os *Poka-Yoke* de advertência alertam o operador para a ocorrência de um defeito através de um sinal sonoro ou luminoso, contudo, não há nada que impeça que o equipamento produza com defeito, sendo da responsabilidade do operador a sua existência. Os *Poka-Yoke* de controlo impedem que o processo prossiga sempre que detecta alguma anomalia e enquanto esta não for resolvida, o processo permanece parado (Shingo, 1986; Robinson, 1991 citado por Zhang, 2010).

Os mais eficazes sistemas *Poka-Yoke* são aqueles que param o processo evitando assim que o defeito continue a ser produzido. A aplicação destes sistemas permite atingir o Zero Defeitos e eliminam a necessidade da inspecção após a produção. *Poka-Yoke* possibilita não só a melhoria da qualidade, mas previne igualmente as falhas que podem conduzir a quebras ou a outros tipos de problemas com os equipamentos (Oakland, 1993; Reid, 2002). Na Figura 7 está representado um exemplo deste tipo de aplicação, na qual apenas se introduzir uma barra que impede que a peça seja colocada numa posição invertida.

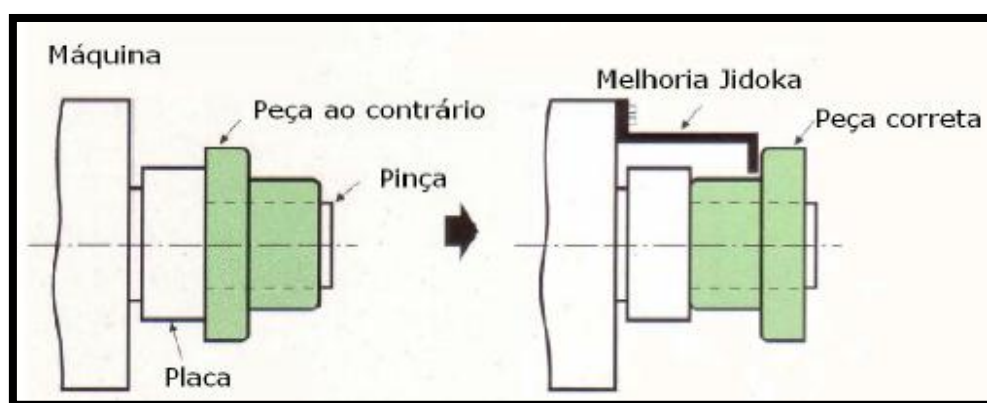


Figura 7 – Exemplo de um *Poka-Yoke*  
(Kosaka, 2006)

### 2.3.2.2 Sistema Andon

O sistema *Andon* é um sistema que usa cores e sons para alertar as pessoas de que algo não está bem no local de trabalho. Na Figura 8 pode visualizar-se um exemplo de um *Andon*.

Este permite a cada membro da equipa de trabalho parar os processos se achar que algo não está bem. Na empresa Toyota, o operador tinha autonomia para parar a linha, sendo também responsável pela qualidade dos produtos nos processos em que está alocado. Este processo tem como objectivo não deixar passar produtos sem qualidade devido a alguma anomalia no sistema (Kosaka, 2006; Liker & Morgan, 2009).



Figura 8 – Exemplo de Andon  
(Kosaka, 2006)

### 2.3.3 Nivelamento da produção – “Heijunka”

*Heijunka* significa nivelamento da produção, que consiste em programar a produção de um determinado período de tempo de diversos produtos, sem que ocorram grandes flutuações nas quantidades a produzir. Assim, este nivelamento permite às empresas fornecer as diferentes necessidades dos seus clientes sem acumular *stocks* (Monden, 1998).

Deste modo, o primeiro passo é calcular a quantidade diária que deve ser fabricada de cada produto, de forma a cumprir o prazo estipulado pelo cliente. De seguida, verifica-se que tipos de produtos podem ser misturados de modo a se conseguir produzir na tal quantidade certa, bastando depois seguir apenas a sequência já criada (The Productivity Development Team, 1998; Liker, 2004; Lippolt, 2008).

Contrariamente, na produção em massa, os diversos produtos são produzidos em grandes lotes mas apenas um produto de cada vez. Tal situação leva as empresas a criarem *stocks*, pois por vezes podem não vender o lote completo (Matzka et al., 2009). Outra desvantagem deste tipo de produção reside no caso de existir possibilidade uma mudança repentina nas necessidades do cliente, implicando que o produto que até então estava a ser produzido/ armazenado, fique em *stock* e possa chegar a não ser vendido (The Productivity Development Team, 1998; Liker, 2004).

Na Figura 9 estão representados dois cenários diferentes, sendo que um representa o nivelamento. A linha azul representa o que é feito antes do nivelamento, isto é, produz-se uma grande quantidade para *stock* que irá ser consumida pelo cliente num dado período de tempo. As linhas verdes e vermelhas representam o que é feito na produção nivelada, ou seja, passa-se a produzir menos quantidade em períodos de tempo mais curtos, mas mais vezes, tendo oportunidade de produzir maior variedade de produtos.

Como a Figura 9 apresenta, surge a necessidade de haver produção repetitiva e de artigos misturados, isto significa que durante um longo período de tempo são produzidos os mesmos produtos ou famílias de produtos. Neste sentido, é necessário criar linhas ou células orientadas ao produto que façam produtos similares, isto é, partilhem os mesmos recursos de produção ou partes do sistema de produção (Alves, 2007).

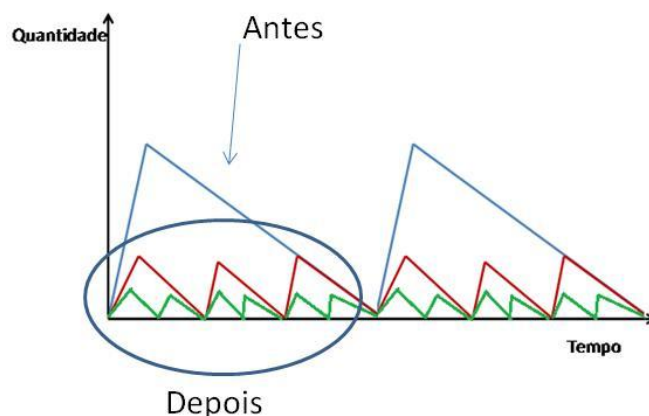


Figura 9 – Gráfico Representativo do Nivelamento da Produção

O sequenciamento de uma linha de produtos misturados pode ser feito através do método utilizado pela Toyota, *Goal Chasing Method* (Monden, 1998). Assim, este método deverá proporcionar lançamentos cíclicos, proporcionais à quantidade necessária de cada componente. Após ser definida a quantidade a produzir, é necessário garantir que o sistema é abastecido e que não faltará materiais (Alves, 2007).

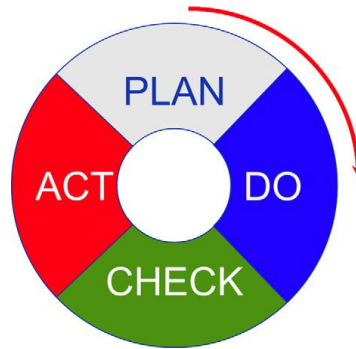
Uma linha de artigos misturados tem várias mudanças devido à troca constante de produtos. Assim, a vantagem dos lotes pequenos só é conseguida se as mudanças de um produto para outro forem rápidas, ou seja, o tempo dispendido nos *setups* seja o mais pequeno possível. Deste modo, é crucial a aplicação da técnica SMED descrita na secção 2.3.8.

#### 2.3.4 Melhoria contínua – “Kaizen”

*Kaizen* é uma palavra japonesa que significa melhoria contínua (Imai, 1997). Este método tem como principal objectivo a eliminação de todos os desperdícios, ou seja, das actividades que não acrescentam valor ao produto sobre a perspectiva do cliente. Assim, a eliminação de desperdícios só é possível, devido ao facto dos colaboradores poderem utilizar ferramentas e metodologias que possibilitem encontrar oportunidades de melhoria e encontrar os desperdícios que se encontram disfarçados (Liker, 2004).

Neste sentido, para que a aplicação do *Kaizen* funcione da melhor forma possível, é necessário existir um envolvimento dos operários na execução dos processos, evidenciar a melhoria destes processos e procurar aumentar as formas de efectuar as melhorias.

Deming aperfeiçoa e apresenta uma ferramenta de melhoria contínua para gestão da qualidade desenvolvido por Shewhart – o ciclo PDCA representado na Figura 10.

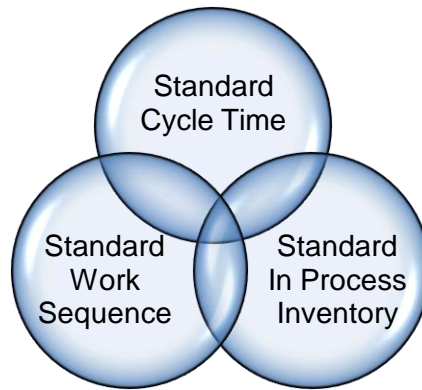


**Figura 10 – Ciclo PDCA**  
(Scyoc, 2008)

Este ciclo é uma série de fases para se alcançar a melhoria contínua. O P de Plan pretende analisar a informação e as ideias e selecciona o melhor plano de melhoria. O D de Do põe em prática o plano estabelecido na fase anterior. O C de Check verifica se existem resultados dependentes das mudanças efectuadas. O A de Act sustenta os ganhos conseguidos e faz as correcções necessárias. Visto que este processo é cíclico, chegado ao Act, pode haver necessidade de fazer novos planos (Scyoc, 2008).

### **2.3.5 Trabalho Normalizado**

O Trabalho Normalizado, na terminologia inglesa, *Standard Work* consiste em normalizar a forma como o trabalho é executado, de modo a melhorar os processos e operações. Para Monden (1998) deverão existir dois tipos de documentos no espaço fabril, uma que apresente as operações *standard* num diagrama homem-máquina e outra que mostre a todos os operadores o Tempo de Ciclo da operação, as rotas das suas operações (no caso de ter que percorrer vários postos de trabalho) e o *Work-In-Process*. A Figura 11 apresenta os componentes do *Standard Work* (The Productivity Development Team, 1998; Monden, 1998).



**Figura 11 – Três Componentes do *Standard Work***  
(Adaptado de Dolak et al., 2004)

Assim, no *Standard Cycle Time* pretende-se encontrar o processo que consiga produzir a quantidade pretendida até ao processo seguinte no tempo necessário. A partir deste é possível definir o número de peças a produzir e averiguar a necessidade de duplicar recursos dependendo das necessidades do cliente. No *Standard Work Sequence*, documenta-se todos os passos do trabalho para que este seja sempre feito da mesma forma, independentemente da pessoa que o vá realizar. Por fim, o *Standard in Process Inventory* tem como objectivo normalizar as quantidades de materiais que são necessárias para completar um ciclo, evitando deste modo ter excesso de WIP nos processos (The Productivity Development Team, 1998; Dolak et al., 2004).

#### 2.3.6 5S

Para que a implementação dos sistemas JIT num local de trabalho tenha sucesso, este não se pode encontrar desarrumado, desorganizado ou sujo. Quando os locais de trabalho apresentam tais condições, estas podem originar vários tipos de desperdícios, como o tempo dispendido na procura de ferramentas, movimentações desnecessárias a fim de evitar obstáculos, gerar atrasos devido a defeitos e ainda a ocorrência de acidentes de trabalho. No sentido de melhorar essas condições muitas empresas optaram por aplicar a ferramenta 5S (The Productivity Development Team, 1998). A Figura 12 mostra alguns exemplos.



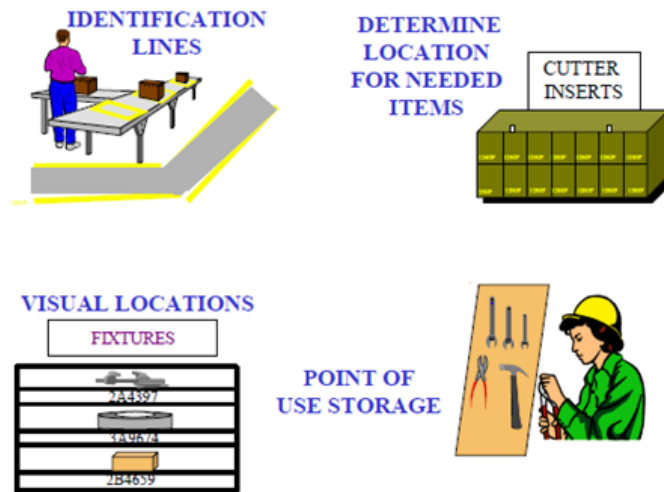


Figura 12 – Exemplos de aplicação de 5S  
(Liker & Lamb, 2000)

A sigla 5S está assim ligada aos 5 pontos que esta ferramenta defende e que são: *Seiri* (Organização), *Seiton* (Arrumação), *Seiso* (Limpeza), *Seiketsu* (Padronização) e *Shitsuke* (Auto-disciplina) (Ortiz, 2006). Embora esta técnica seja de fácil implementação, a sua maior dificuldade reside em monitorizar a sua aplicação. Deste modo, para que este método alcance o sucesso, é necessário existir um claro empenho e persistência por parte da chefia. Quando bem sucedido, os 5S eliminam o tempo dispendido na procura de ferramentas e/ou documentos, permite libertar espaço, promove a criatividade, mudança de hábitos e das relações humanas visto que a aplicação de 5S é algo que necessita de trabalho em equipa e seja compreendido por todos para que o último ponto seja possível (Liker & Lamb, 2000; Satoglu & Durmusoglu; Carvalho et al., 2008).

### 2.3.7 Gestão Visual

Esta técnica consiste em expressar a informação, para que esta seja rapidamente percebida por todos (The Productivity Development Team, 1998). Essencialmente, tem como objectivo que qualquer pessoa que entre num local de trabalho, mesmo que não esteja familiarizado com os processos, compreenda rapidamente o que acontece no sistema (Ad Esse Consulting Ltd., 2007).

Neste sentido, a informação transmitida de forma visual, permite organizar o local de trabalho (por exemplo a aplicação dos 5S), bem como pode ajudar a prevenir erros (por exemplo codificar componentes parecidos com cores bastante diferentes). A gestão visual ajuda a identificar o fluxo de trabalho e perceber o que está a ser feito, identificar quando algo de errado está a acontecer, ver o desempenho do sistema e perceber se foram atingidos os objectivos, mostrar quais os *standards* que devem ser realizados em cada tarefa, reduzir tempos de reuniões a passar informação que pode estar exposta para todos verem, entre outros. Assim, esta técnica permite tornar visíveis os



problemas que antes permaneciam escondidos (The Productivity Development Team, 1998; Ad Esse Consulting Ltd., 2007).

### 2.3.8 *Single Minute Exchange of Die*

As empresas tendem a produzir grandes lotes de produtos, de forma a minorarem os custos provenientes da paragem das máquinas resultante dos longos tempos de *setup*. Deste modo, para reduzir esses tempos, algumas empresas aplicam o *Single Minute Exchange of Die* (SMED) (Shingo, 1996).

O SMED é um método que permite reduzir o tempo de imobilização dos equipamentos para efectuarem mudanças de ferramentas, programas ou equipamentos. Tal redução, por mais pequena que seja, permitirá rentabilizar a produção e diminuir os custos associados aos *stocks*. O tempo de mudanças deverá ser abaixo dos 10 minutos, e por isso a designação *Single Minute* (Mota, 2007; Sebroso, 2008; Perinic, 2008).

O autor deste método, Shigeo Shingo, distingue operações externas e operações internas que faz parte da metodologia SMED. As operações externas são aquelas que não incluem imobilização do equipamento, enquanto as operações internas implicam a paragem do equipamento. Um dos procedimentos que contribui para o sucesso desta metodologia, é converter as operações internas em operações externas, de modo a evitar a paragem da máquina (Shingo, 1996).

Contudo, também existem formas de melhorar o tempo das mudanças sem utilizar SMED, apenas *Quick ChangeOver* (QCO). Isto é conseguido com simplificação de algumas tarefas, aproximação de ferramentas ou até através da aplicação de 5S. Por um lado, facilitam o processo da mudança ao operador e, por outro, tornam-no mais rápido (Mota, 2007).

### 2.3.9 *Value Stream Mapping*

O *Value Stream Mapping* (VSM) representa um mapeamento de fluxo de materiais e informação em toda a cadeia de valor de fácil e simples realização (Rother & Shook, 1999).

Esta ferramenta é essencial para ter uma visão global dos processos e das fontes de desperdícios em toda a cadeia de valor de um produto ou família. É também uma forma de uniformizar a linguagem de forma a ser entendida por todos (Rother & Shook, 1999; Carvalho et al., 2008). Na Figura 13 pode visualizar-se um VSM de um processo e a descrição dos símbolos referentes está presente no Anexo A.

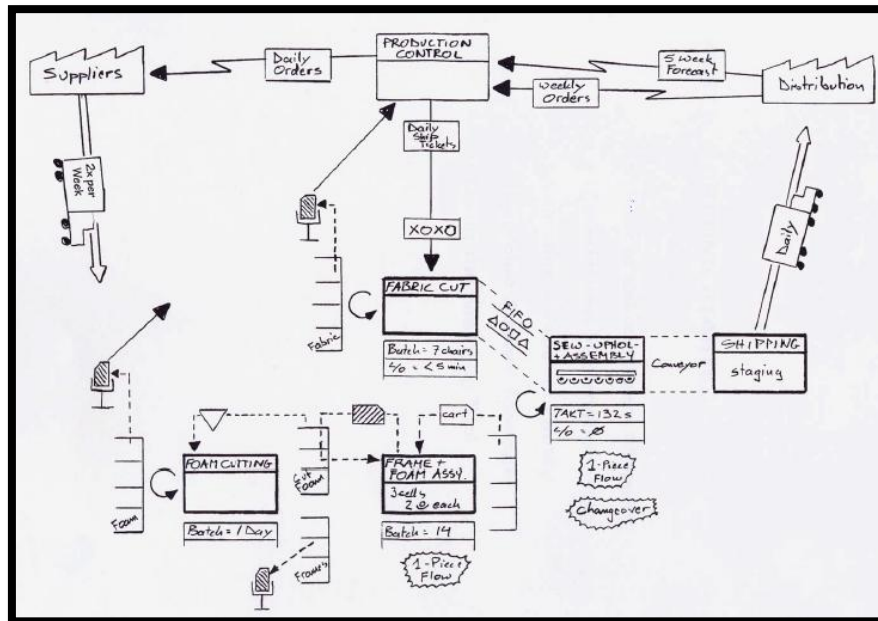


Figura 13 – Exemplo de um VSM  
(Rother & Shook, 1999)

Após esta visão global estar concluída, é necessário detalhar a informação de alguns processos de que são exemplo o Tempo de Ciclo, o tempo de mudanças, o número de operadores, tempo útil de produção, paragens de máquinas, frequência de abastecimento, quantidade de pedidos por período (por parte do cliente), entre outros. Como resultado, obtém-se uma razão entre o valor acrescentado e não acrescentado da cadeia de valor do produto e se este último está a ser gerado devido aos desperdícios mencionados na secção 2.1.1 (Sullivan et al., 2002; Staats et al., 2011).

O passo seguinte, será mapear um VSM do estado futuro (*Value Stream Design*), aquilo que é desejado de forma a ter processos mais eficientes e com maior valor acrescentado, isto é, redução de custos. Após definidos pontos de melhoria, é necessário definir planos de acções e responsabilidades no grupo de trabalho para que estas melhorias sejam concretizadas, indo ao encontro da LP (Sullivan et al. 2002; Staats et al., 2011).

## 2.4 Implementação de Lean Production

Uma das características da Produção *Lean* é que esta tem que estar sincronizada com a procura do cliente. Neste sentido, segundo Womack et al. (1990), os princípios *Lean* necessitam de ser alargados dentro das empresas incluindo as relações com todos os elementos da cadeia de abastecimento. Desta forma, a integração interna e externa das empresas são muito importantes à abordagem *Lean*.

A eliminação dos desperdícios e o aumento da eficiência são indicadores fundamentais da integração interna enquanto a questão relativa à incerteza da procura e da oferta (que afecta

directamente os custos e o modo de satisfação da procura) “obriga” a que se estabeleça parcerias com fornecedores e clientes, implementando assim integração externa entre os *stakeholders* (Yi-nan & Zhao-fang, 2009). Schonberger (2005), dá uma noção do *Lean extended* a toda a cadeia de valor, explicando que este já não se limita a eliminar desperdícios. Este tem como maior objectivo ter produtos com qualidade, resposta rápida aos pedidos do cliente, maior flexibilidade nos processos e obtendo produtos com maior valor acrescentado. É visível pela Figura 14 que a implementação do *Lean* estende-se a toda a cadeia de valor e não apenas ao sistema produtivo

Fundamental principles: Multifunctional teams and Continuous Improvement; Vertical information systems; No buffers; No indirect resources; Networks (suppliers and costumers); Competitiveness					
Lean Development	Lean Procurement	Lean Manufacturing	Lean Distribution	Lean Enterprise	Lean Consumption
<b>Supplier involvement</b>		Elimination of waste	Lean buffers	Organizational culture	Goods/services work well and together
Cross-functional teams	Supplier hierarchies	Continuous improvement	Customer involvement	Strategy deployment	Without waste of time for the costumer
Simultaneous & concurrent engineering	Larger subsystems from fewer suppliers	Multifunctional teams	Aggressive marketing	Knowledge structures	Exactly what the costumer wants and where is wanted
Integration instead of co-ordination	Share of benefits in the long term	Design for manufacturing	Global Network	Information & communication technology	Customer demands perfection
Strategic management	<b>Zero defects / Zero stocks / JIT</b>		Pulled by the customer	Performance monitoring system	
Black box engineering	Lean six sigma	Team leaders		Lean accounting	
Product data management	Root cause analysis	Group technology		Kaizen events	
Robust processes	5S	Vertical information		<b>Costumer involvement</b>	
Supplier motivation & reward	Poke-yoke	Decentralized responsibilities/ integrated functions	Lean delivery	Lean global service	Fix solutions to limit the losses of time of the costumer and predict urgency.
	Standard work	Pull instead of push	Flexibility		
	Total productive maintenance	Kanban system	Capacity		
	Total Quality management	Short changeover time (set-up)	Quick response		

**Figura 14 – Modelo das Áreas Funcionais e Factores Estratégicos para o Desempenho *Lean* (Machado & Pereira, 2008)**

A integração externa permite que seja possível produzir as quantidades que o cliente realmente deseja, deixando assim de se acumular elevados *stocks*. Desta forma, é possível repartir as grandes quantidades que até então se produziam, em quantidades mais pequenas pelo mesmo período de tempo, sendo possível ter produção nivelada na secção 2.3.3.

#### 2.4.1 Dificuldades de implementação de *Lean Production*

A produção *Lean* focaliza-se nas actividades que acrescentam valor ao produto e na eficiência do fluxo de trabalho. A necessidade de sincronizar as operações dentro do sistema produtivo com a necessidade do cliente é uma das dificuldades da aplicação deste tipo de produção (Narang, 2008).

Segundo o mesmo autor, outro obstáculo para a aplicação do *Lean* é a falta de compreensão das técnicas inerentes a este. Para além disso, afirma que as pessoas das organizações não têm tempo para investigar e aprofundar os seus conhecimentos sobre o tema e por vezes acabam por abandonar os seus objectivos por falta de resultados.

Para além disso, Melton (2005) apresenta algumas forças que fazem com que as organizações resistam ao *Lean*. A cultura de produção aliada a grandes lotes, com poucas mudanças e com a filosofia de que a produção nunca pode parar, ainda é difícil mudar. A unidade de produção ainda é muito focada e vista como a mais importante quando na verdade o *Lean* precisa de ser alargado a toda a cadeia de valor. Uma grande dificuldade na implementação deste modelo organizacional reside no facto de ainda existir muito cepticismo em relação à filosofia *Lean* e apesar das suas ferramentas e princípios serem fáceis de implementar, a maior resistência é, sem dúvida, a da mudança. Na Figura 15 estão presentes algumas das forças que suportam e resistem à implementação do *Lean* nas empresas.

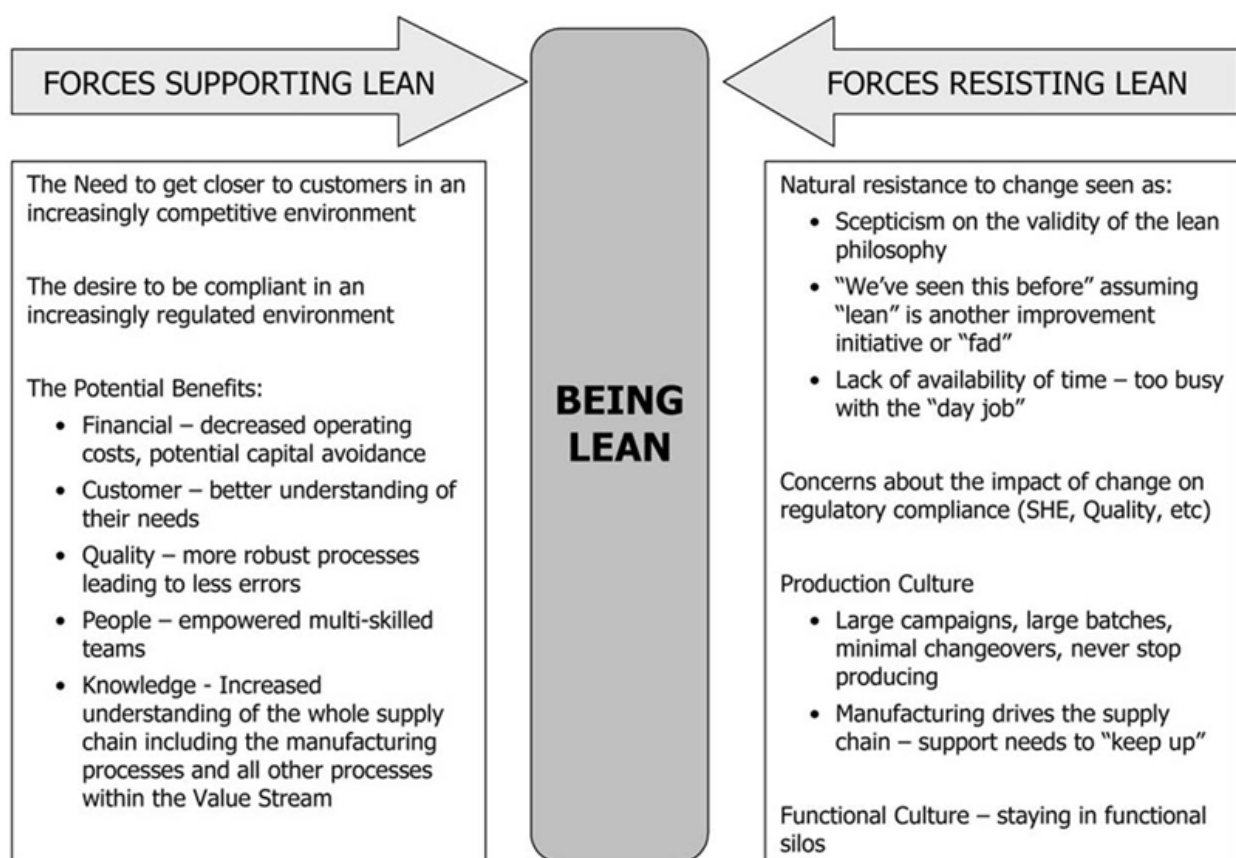


Figura 15 – Forças que suportam e resistem ao *Lean* (Melton, 2005)

#### 2.4.2 Benefícios

Os benefícios da *Lean Production* são vários. Os que mais se realçam são os seguintes: diminuição de *Lead Times* para os clientes, menos desperdícios no processo, menos re-trabalhos, redução de *stocks*, aumento da compreensão do processo e poupanças financeiras (Melton, 2005) (Figura 16).

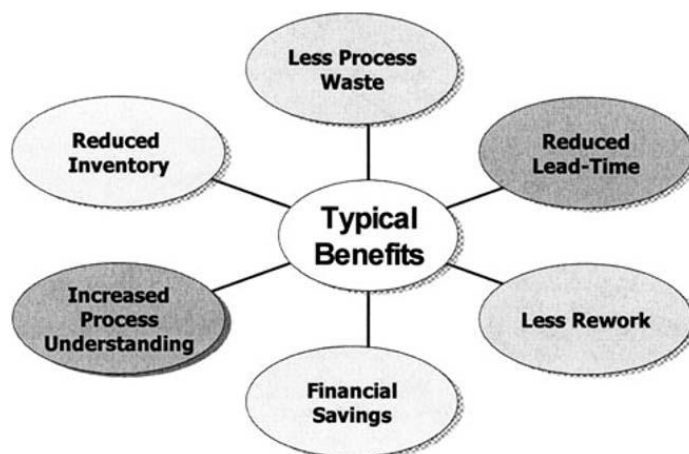


Figura 16 – Benefícios da *Lean Production*  
(Melton, 2005)

A diminuição de *Lead Times* está direccionada para a implementação do sistema *Pull* e redução do WIP e *stocks*, verificado pela Lei de *Little* ( $\text{Tempo de Percorso} = TC \times WIP$ ) (Little, 1961 citado por Jodlbauer & Stöcher, 2006). Produzindo-se apenas o que o cliente deseja, mais rapidamente se procede à entrega dos produtos. A compreensão dos processos é alcançada através de técnicas como a gestão visual, VSM, entre outros, já apresentados nas secções anteriores. A redução de desperdícios no processo e re-trabalhos é obtida através de introdução de dispositivos de prevenção de erros, secção 2.3.2.1, o que evita o consumo de componentes e tempo de trabalho desnecessário, levando a uma poupança nos gastos de matéria-prima e mão-de-obra (Melton, 2005).

### 2.4.3 Casos de aplicação

Existem muitos casos de aplicação de *Lean Production* e apesar deste tipo de produção ter começado na indústria automóvel, os casos divulgados expandem-se a todo o tipo de empresas de bens ou serviços, sendo por isso um modelo organizacional transversal.

Um exemplo de aplicação de LP nos serviços foi no departamento de urgências num hospital nos Estados Unidos. A administração decidiu aplicar princípios *Lean* de forma a diminuir os tempos de espera dos utentes, diminuindo as actividades que não acrescentam valor desde que estes chegam às urgências até que saem. Aplicando algumas técnicas em parceria com o instituto *Kaizen* foi possível diminuir o *Lead Time* (desde que o paciente chega às urgências até que sai após ter sido atendido) de 168 minutos para 148. Esta diminuição permitiu que houvesse um aumento dos pacientes atendidos mensalmente, na ordem dos 9,23%, crescendo consequentemente a satisfação destes (Dickson et al., 2009).

Outro exemplo sucedeu na cozinha do hospital de Glostrup na Dinamarca onde foram também aplicadas ferramentas e princípios *Lean* (*kaizen*, 5S, VSM). A decisão por parte da administração

preendeu-se com o objectivo de reduzir o custo das refeições através da racionalização de procedimentos. A mudança passou por mudar o tipo de produção de “Cook-serve” para “Cook-chill”, que fez com que se racionalizasse a quantidade dos vários tipos de produtos utilizados nas refeições. A produção passou a ser separada de acordo com o seu fim: directo para as refeições, embalar ou armazenar (3 dias antes de ser consumido). Como resultados tiveram a redução de 71 para 54 empregados de cozinha, redução de 10% de excesso de refeições. A prática de 5S facilitou a utilização e organização de ingredientes. Para além disso, esta prática facilitou as mudanças do plano de refeições para alguns pacientes, visto que os ingredientes já estavam prontos, a combinação é que seria diferente. Assim, a cozinha passou a ser mais eficiente e com melhor qualidade (Engelund et al., 2009).

A nível nacional, pode citar-se o caso da implementação da metodologia *Quick ChangeOver* numa linha de montagem final de uma empresa de componentes electrónicos (Costa et al., 2008). A implementação permitiu reduzir o tempo de mudanças de 5 para 3 minutos. No ano seguinte, a mesma empresa implementou o *Pull Levelling* numa outra linha de montagem final. Este processo passou pelo cálculo do número de *Kanbans*, definição de supermercados com mínimos e máximos com limites de reacção e sistemas de visualização. Esta aplicação permitiu reduzir o *stock* de 11 para 9 dias, a fiabilidade de entregas subiu de 40% para 90% e o cumprimento do plano nivelado teve como resultado 90% (Afonso & Alves, 2009).

Para além destes casos e ainda na mesma empresa mas em células de montagem de controladores de caldeiras, pode referir-se o estudo de modos operatórios nas células, nomeadamente *Working Balance* e *Rabbit Chase*. Neste foi necessário resolver problemas de selecção de colaboradores para operar neste tipo de células, fazer organização interna destas e ajustes ergonómicos. A organização interna permitiu melhorar o manuseamento de equipamentos, reduzindo assim o tempo das operações, o que significa ganhar tempo para produzir maior quantidade. A nível ergonómico, foram modificadas as alturas das bancadas, reduzindo o risco de lesões e aumentando as condições para obter melhores resultados (Oliveira & Alves, 2009).

Outros casos de aplicação de ferramentas e princípios da produção *Lean* em empresas portuguesas ou localizadas em território nacional são os casos de Rocha et al. (2011) e Carvalho et al. (2011) com uma redução do WIP na ordem dos 7600€, no primeiro caso ou redução do *Lead Time* em 80%, no segundo caso. Alves et al. (2011) apresentam alguns dos benefícios conseguidos por algumas empresas do Norte de Portugal que implementaram *Lean Production*. Um caso de sucesso é também a empresa Grohe Portugal, com a implementação de algumas actividades de que são exemplo a alteração de *Layout* de algumas linhas para células em ‘U’, balanceamento dos postos de



trabalho e melhorias específicas nos postos de trabalho que resultaram em aumento de 12% de produtividade e redução de 40% de área ocupada. Outra actividade foi a aplicação de SMED nas áreas de fundição que originaram um ganho de 60% em tempos de *setup* (Barbosa, 2006).

## 2.5 Paradigma Push-Pull

Na secção 2.3.1.3 apresentou-se um sistema que usa uma lógica *Pull* usado pela empresa Toyota para o controlo da actividade produtiva. Outros sistemas podem usar uma lógica *Push*, por exemplo o sistema MRP (Fernandes e Silva, 2006) e outros ainda usam uma lógica *Push-Pull*, normalmente designados de sistemas híbridos, porque num sistema de produção real é difícil encontrar estratégias *Pull* e *Push* totalmente puras (Fernandes, 2007). Assim, surge a necessidade de conciliar os dois mecanismos *Push* e *Pull* (*Push-Pull*), aplicando por exemplo o *Drum Buffer Rope* (DBR).

Na lógica *push*, a ordem de produção é dada em cada centro de trabalho, dependendo do Plano Director da Produção (PDP) definido, e os trabalhos serão empurrados de posto para posto. Após o trabalho ser lançado no primeiro posto de trabalho, este irá empurrar para o posto seguinte o trabalho já processado e assim sucessivamente até se obter o produto final. Uma das características do sistema *push* é que fluxo de informação e de produção têm o mesmo sentido, isto é, a informação sobre o que produzir acompanha a produção. Uma das grandes desvantagens desta lógica de produção é a formação de *stocks*, tanto de produto acabado como de trabalhos em via de fabrico. Deste modo, não é possível o controlo do fluxo de materiais entre processos, visto que os trabalhos vão sendo empurrados sem qualquer regra ou limite, estando apenas presente o objectivo de satisfação das necessidades do cliente. Porém, esta meta a alcançar provoca excesso de produção, o que leva à formação de *stocks* que muitas vezes não serão consumidos (Fernandes, 1999).

Em oposição à lógica *Push* está o *Pull*, em que o início de uma operação resulta da autorização da produção por parte do posto de trabalho a jusante, isto é, o centro de trabalho seguinte é quem emite a ordem de produção para o que está atrás. Deste modo, a informação tem um sentido contrário ao da produção, ou seja, a informação vem da frente para trás e a produção de trás para a frente (Ribeiro, 1998) como já foi explicado na secção 2.3.1.3. O sistema *Pull* permite eliminar determinados desperdícios que existem num sistema produtivo. Na Figura 17 é possível visualizar uma extensão do conceito a toda a cadeia de abastecimento.

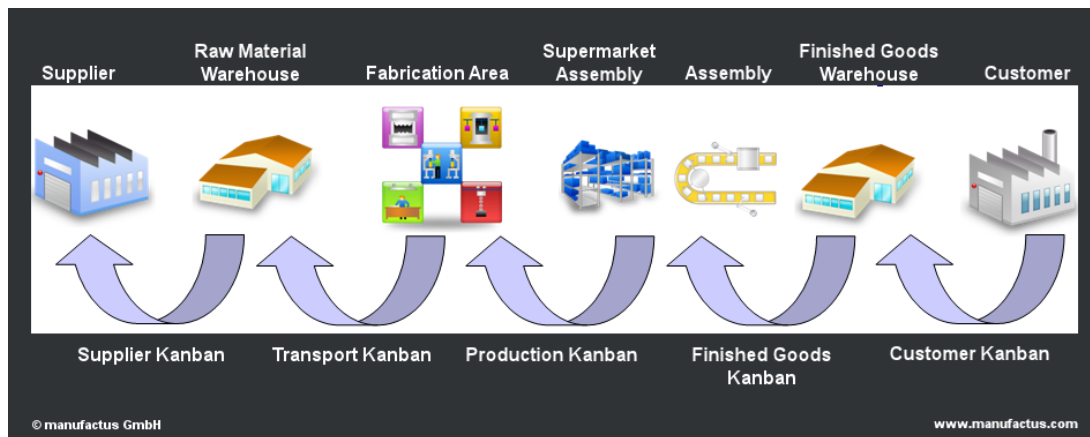


Figura 17 – Cadeia de Abastecimento Pull  
(Manufactus, 2010)

É importante realçar que o objectivo das organizações é responder aos requisitos do cliente, respeitando os prazos de entrega, produzindo a um baixo custo e com qualidade. Neste sentido, é importante garantir que não haja atrasos na produção para que não se transpareça nos pedidos do cliente, sendo, portanto necessário criar *stocks* controlados, supermercados (Ribeiro, 1998).

A lógica *Pull* não está apenas relacionada com autorização da produção de que o TPS evidencia mas também com limitação de carga e reposição de existências (Bergamaschi et al., 1997 e Fernandes & Silva, 2006, citado por Fernandes, 2007). Em relação à limitação de carga podem ser utilizados mecanismos de controlo de que é exemplo o CONWIP, que na secção 2.5.2 está descrito detalhadamente.

A reposição de *stock* utiliza os mecanismos como *Toyota Kanban System* (TKS) que já foi explicado na secção 2.3.1.3 e CONWIP, que tenta manter um WIP mínimo no sistema. Assim, a produção apenas é autorizada pelo consumo de produtos, normalmente associada a sistemas de cartões. Numa situação em que existe procura de produtos com elevado grau de customização e grande variedade é normal que se gere aumento de WIP. Contrariamente a esta situação, quando os produtos são concebidos tendo em conta as especificações do cliente mas com grandes flutuações da procura de período para período, a aplicação destes mecanismos é impossível (Fernandes, 2007).

### 2.5.1 Drum - Buffer - Rope

No *Drum-Buffer-Rope* (DBR) a produção é controlada por apenas alguns postos de trabalho, denominados centros críticos. Tem subjacente a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* - TOC) desenvolvida por Goldratt (Goldratt, (1984)). Segundo Goldratt (1990), a gestão da abordagem TOC é baseada em 5 passos: 1) identificar o sistema restrito, 2) explorar as restrições, 3) subordinar todas as outras decisões do passo 2, 4) expor as restrições (isto é, apresentar as políticas erradas, mostrando que é necessário mudar) e 5) não deixar que a inércia torne o sistema restrito.



Estes centros críticos definem a cadência do ritmo de trabalho, e por isso a designação *Drum*, pois funciona como um tambor que dita o ritmo.

A Figura 18 ilustra o funcionamento do DBR. Os centros críticos definem a cadência do ritmo de trabalho, e por isso a designação *Drum*, pois funciona como um tambor que dita o ritmo.

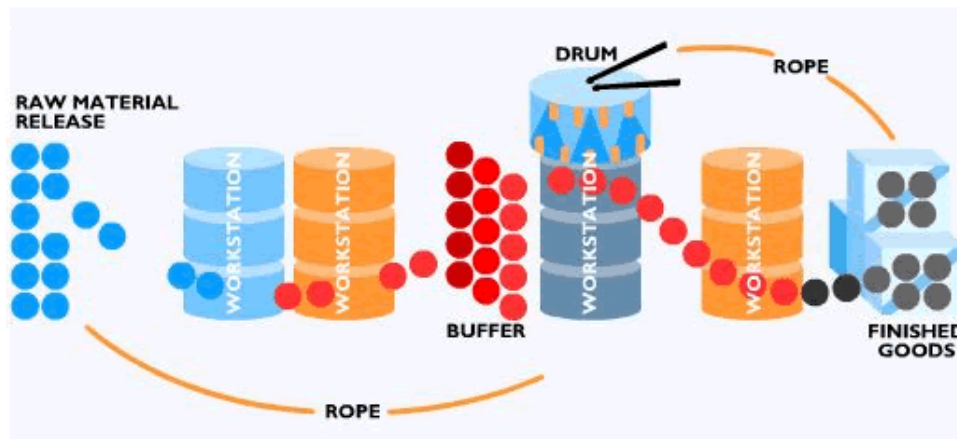


Figura 18 – Exemplo de DBR  
(Constraints Theory, 2010)

A capacidade do sistema é conhecida através deste posto de trabalho visto que é aquele que tem menos capacidade e deste modo, limita os outros processos. Sendo este o que tem menos capacidade, é também o processo mais lento, o chamado *bottleneck*. Visto que este centro de trabalho é o crítico, é estritamente necessário que não haja paragens, pois atrasaria ainda mais os processos seguintes. Assim, surge a necessidade de possuir um *Buffer* que irá suportar qualquer desvio que ocorra no sistema para que este posto nunca pare. A *Rope* assegura que os restantes postos de trabalho estejam sincronizados de tal forma que consigam manter o ritmo de trabalho, isto é, têm que suportar as necessidades do centro de trabalho crítico. Para além disso, previne que o WIP se expanda, criando excesso de *stock* entre processos, pois a corda limita a esta quantidade (Goldratt, 1990; Umble & Umble, 2006). A Figura 18 ilustra este processo.

### 2.5.2 CONWIP

O CONWIP é um mecanismo que permite uma maior mistura de produtos, contrariamente ao TKS, limitando, em contrapartida, a quantidade produzida de cada um. Este mecanismo controla o WIP na medida em que após alcançar o limite deste no sistema, as ordens de produção seguintes só podem ser lançadas quando os trabalhos em curso terminarem. Com o sistema de limitação de carga, os trabalhos são lançados dependendo da carga do sistema de produção e apenas são lançadas se anteriormente foi reservada capacidade para os trabalhos em questão. Normalmente, são usados cartões que estão associados aos trabalhos lançados no sistema produtivo (Fernandes, 2007).

Na Figura 19 está representada a diferença entre os sistemas *Pull* e *Push* puros e o sistema CONWIP. Frequentemente, são conciliados o sistema CONWIP e o *Kanban*, sendo que o CONWIP serve para limitar o trabalho em curso através do máximo estabelecido, e o *Kanban* é uma ordem de produção. Quando o local de armazenamento no final de um centro de trabalho atinge o máximo de capacidade, o último centro de trabalho tem que parar a produção (Savsar, 2009).

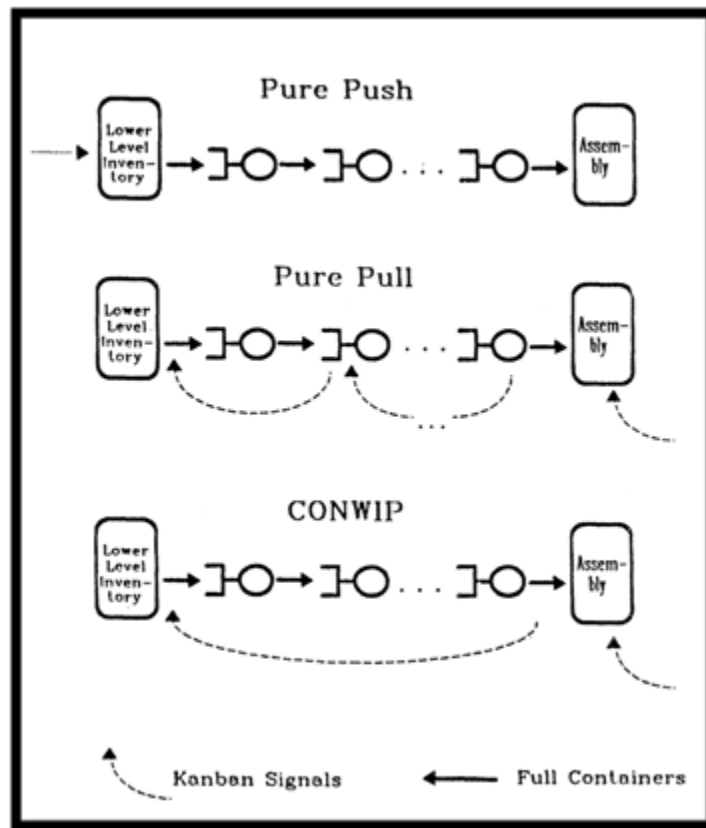
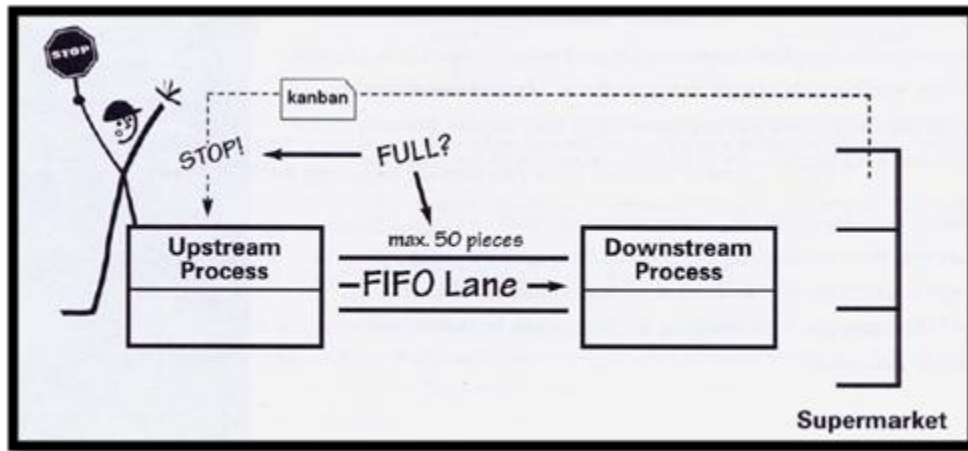


Figura 19 – Diferença entre o *Pull* e *Push* Puro do CONWIP (Spearman & Zazanis, 1992)

Rother & Shook (1999) apresentam uma abordagem ao CONWIP que designam de *FIFO Lane*. Este pode ser usado entre dois processos que estão desacoplados para substituir a implementação de um supermercado, mantendo contudo, um fluxo contínuo entre eles (Rother & Shook, 1999). Outra designação para *FIFO Lane* é *FIFO sequenced* apresentada por Micco et al. (2008).

Assim, pode dizer-se que a *FIFO Lane* representa uma determinada quantidade de inventário situada entre o processo de fornecimento e o processo cliente. Esta quantidade está limitada por um máximo que quando atingido faz com que o processo de fornecimento pare a produção até que o cliente consuma, tal como a Figura 20 ilustra. Desta forma, este máximo atribuído é uma forma de controlo de WIP visto que quando atingido, a produção daquele produto tem que parar. Na verdade, a *FIFO Lane* é uma forma de prevenir sobreprodução (um dos 7 desperdícios) por parte do processo

de fornecimento, mesmo que os processos não estejam ligados por um fluxo que permita *One-Piece-Flow* (Rother & Shook, 1999; Micco et al., 2008).



**Figura 20 – Representação de FIFO Lane num VSM  
(Rother & Shook, 1999)**

Ao contrário do supermercado, que contém produtos específicos, a *FIFO Lane* apenas contém a totalidade correspondente do processo fornecedor, não sendo por isso, específico de uma referência de produto (Overbeek, 2008). Assim, de acordo com Rother (1999) a quantidade máxima deverá corresponder ao máximo que o processo cliente consegue consumir. Existem fórmulas para o cálculo desta quantidade, tendo em consideração o Tempo de Ciclo de ambos os processos e a quantidade máxima do processo cliente. Na equação 2 é definida a quantidade máxima de inventário tendo em conta as quantidades a serem produzidas nos diferentes processos e o correspondente Tempo de Ciclo e o *Takt Time* (TT) do cliente, medindo assim o desfasamento de produção entre um processo e outro (Spearman & Zazanis, 1992; Overbeek, 2008).

$$\text{Tamanho FIFO lane} = \frac{(\text{Volume desbalanceado entre Processos}) \times (\text{TC desbalanceado entre processos})}{\text{TT}} \quad (2)$$



### 3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O presente capítulo apresenta a empresa onde a dissertação se realizou assim como aspectos importantes do sistema de produção desta, área de negócio e produtos, o mercado, os principais clientes e os princípios BPS, nos quais a empresa se sustenta para melhorar os processos.

#### 3.1 *Identificação e localização*

A empresa onde se incidiu o estudo foi a Bosch Car Multimedia, na unidade de Braga (Figura 21). Esta situa-se na freguesia de Ferreiros, a cerca de 3km do centro da cidade de Braga. Os principais produtos fabricados nesta empresa são auto-rádios para a indústria automóvel.

O início da Bosch Car Multimedia em Braga foi no ano de 1990, até então era designada de *Blaupunkt*. No dia 20 de Julho de 2009, começou a utilizar oficialmente o nome Bosch Car Multimedia, visto que a Blaupunkt Auto-Rádio Portugal, Lda foi vendida, deixando assim de pertencer ao Grupo Bosch.

Actualmente, é a maior fábrica de sistemas multimédia para automóveis na Europa e é a 5ª maior exportadora nacional (Instituto Nacional de Estatística 2009). Dentro do grupo Bosch, esta é a maior unidade de produção da Bosch Car Multimedia.



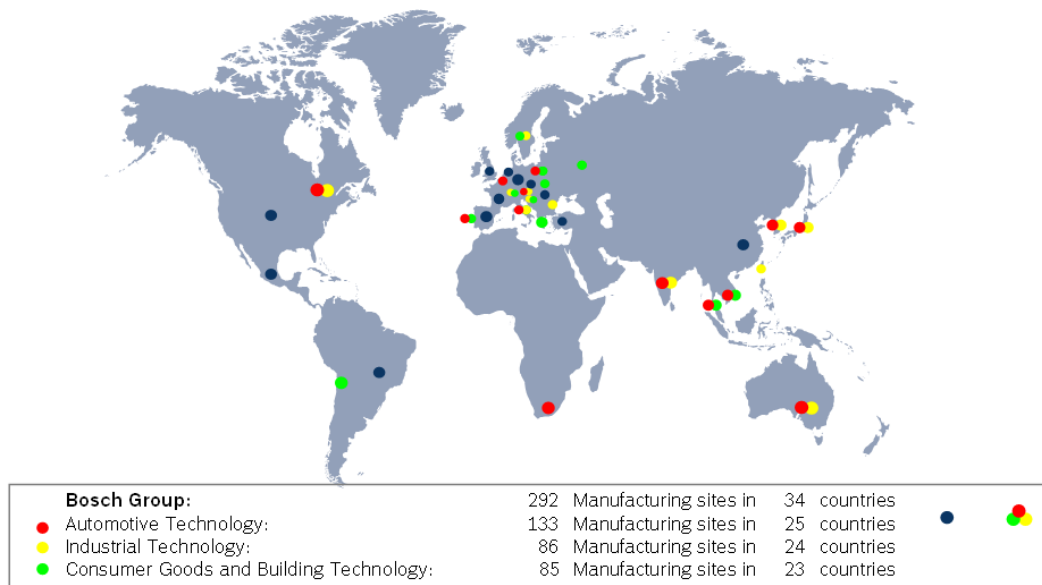
**Figura 21 – Entrada principal da Bosch Car Multimedia  
(Bosch, 2010a)**

#### 3.2 *Grupo Bosch*

A Bosch Car Multimedia é uma das empresas da fundação Robert Bosch. A Bosch foi fundada em Estugarda, em 1886 por Robert Bosch (1861-1942) como uma oficina de mecânica de precisão e electrotécnica e nos dias de hoje é líder mundial no fornecimento de tecnologia e serviços. A Bosch

é uma referência na implementação do *Lean Production*, através do *Bosch Production System* (BPS), aplicando assim, conceitos *Lean* nas empresas do grupo.

O grupo Bosch conta com cerca de 125 anos de história e mais de 275 mil colaboradores, sendo que coopera em mais de 50 países, tal como a Figura 22 ilustra. O Grupo Bosch está dividido em três grandes áreas tais como a Tecnologia Automóvel (sendo o maior fornecedor mundial desta), Tecnologia Industrial e Bens de Consumo e Tecnologia de Construção.



**Figura 22 – Localizações Internacionais do Grupo Bosch (Bosch, 2010a)**

Em Portugal, apenas duas das áreas acima citadas estão presentes, sendo que relativamente à tecnologia automóvel está presente a Bosch Car Multimédia, em Braga e a Robert Bosch Travões, em Abrantes. A outra área é a de Bens de Consumo e Tecnologia situada em Aveiro: a Bosch Termotecnologia e a Bosch Sistemas de Segurança, em Ovar. Na Figura 23 está representada a localização de cada uma das empresas do grupo Bosch em Portugal: Bosch Car Multimédia, Bosch Termotecnologia, Bosch Sistemas de Segurança e Robert Bosch Travões, assim como os principais produtos produzidos.

A Bosch Car Multimedia dedica-se à produção de auto-rádios, sistemas de navegação e outros sistemas electrónicos (de que é exemplo controladores para caldeiras) e é a que tem uma maior dimensão relativamente ao número de colaboradores, cerca de 2100, sendo que cerca de 500 são indirectos.

A Bosch Termotecnologia dedica-se à produção de esquentadores, caldeiras e sistemas solares térmicos e conta com cerca de 934 colaboradores.

A Bosch Sistemas de Segurança, como o próprio nome indica, dedica-se à produção de sistemas de segurança e tem cerca de 296 colaboradores.

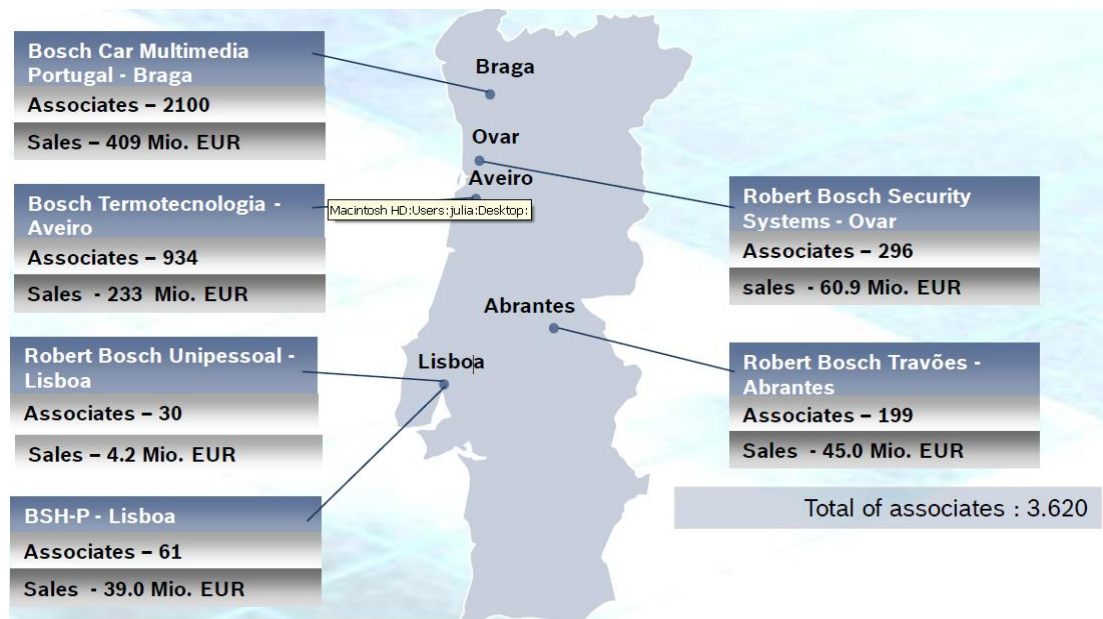


Figura 23 – Empresas Bosch em Portugal (Bosch, 2010b)

A Robert Bosch Travões é a unidade de produção com menor dimensão visto que apenas tem cerca 199 colaboradores e dedica-se à produção de sistemas de travões. Para além das empresas referidas, existe uma área comercial em Lisboa, que se dedica à comercialização de produtos Bosch, tendo cerca de 35 colaboradores. Contudo, existe uma outra unidade comercial, que representa uma parceria entre a Bosch e Siemens, contando com 61 colaboradores.

### 3.3 Estrutura organizacional e Recursos Humanos

A organização da Bosch Car Multimedia está dividida em duas grandes áreas, sendo elas a área Comercial e a área Técnica. A área Técnica é constituída por 9 departamentos que estão directamente relacionados com o desenvolvimento do produto, com a engenharia de produção, com a qualidade do produto entre outros. A área comercial é constituída por 8 departamentos e está relacionada com a logística interna, recursos humanos, área financeira, administrativa e vendas. Na Figura 24, está ilustrado de uma mais detalhada todos os departamentos existentes e respectiva designação.

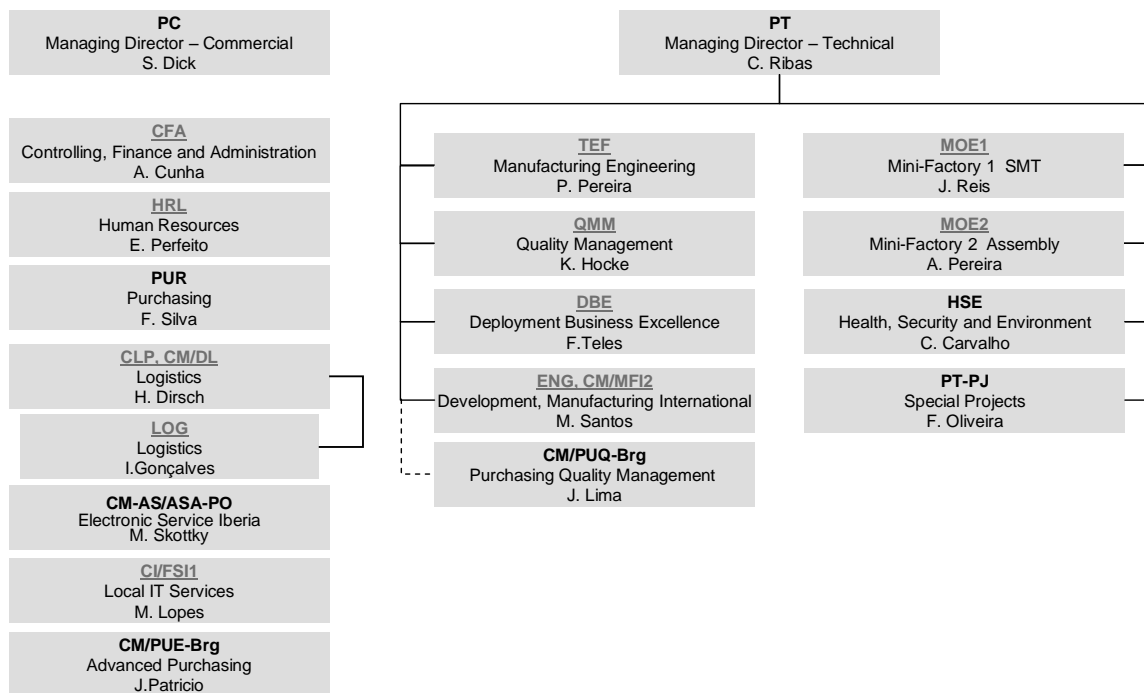


Figura 24 – Organograma de empresa (Bosch, 2010a)

A empresa, desde há bastante tempo que tem apostado na formação dos seus colaboradores, reconhecendo portanto, a importância da aquisição de competências por parte destes. Assim, a empresa tem dado formação em áreas associadas às necessidades operacionais, formação orientada ao conhecimento técnico e comportamental. A participação dos colaboradores directos nas acções de formação está fixada junto do local de trabalho deste através de uma matriz de formação/qualificação, como é possível ver na Figura 25. Esta serve para informar sobre a área de formação de cada operador e as próximas acções de formação.

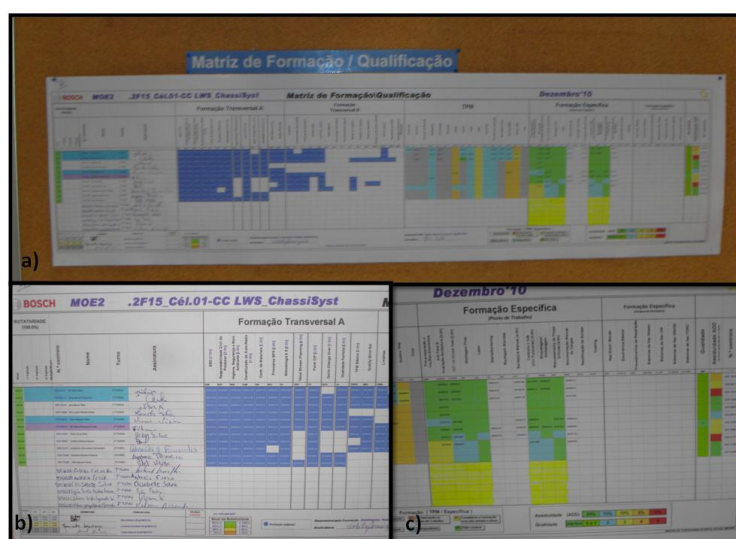


Figura 25 - a) b) c) Matriz de formação

A contratação de colaboradores com nível de formação do 1º ciclo tem diminuído, dando preferência a pessoas com formação ao nível secundário ou licenciados. Isto deve-se ao facto de



haver um aumento das necessidades de competências técnicas na área da qualidade e tecnologias associadas à produção, assim como na área de desenvolvimento de novos produtos.

### **3.4 Missão, certificação e prémios**

Os objectivos do BPS são a boa qualidade dos produtos, a redução dos custos e um prazo de entrega fiável. De forma a conseguir cumprir com estes objectivos é necessário encontrar as melhores técnicas e ferramentas para tal, sendo que as ferramentas *Lean* têm uma grande importância nesta parte.

A missão da empresa é a excelência empresarial, sendo distinguida da concorrência da indústria electrónica através da qualidade e inovação dos seus produtos.

Desde 2001, a Bosch Car Multimedia aplica o modelo de gestão *European Foundation for Quality Management* (EFQM) e no ano 2007 foi distinguida como “*Recognized for Excellence*” com o nível máximo de 5 estrelas.

Para além do prémio acima referido, a empresa está certificada com a norma ISO/TS16949 que define requisitos de qualidade, pelas normas ISO14001 e EMAS II que são ferramentas criadas para auxiliar as empresas a identificar e gerir os seus riscos ambientais e também, pela norma OHSAS18001 que permite demonstrar o compromisso das empresas com a saúde, higiene e segurança no trabalho, assim como melhorar continuamente a imagem corporativa da mesma.

### **3.5 Área de negócio e produtos**

As áreas de negócio que a empresa se dedica são a produção e desenvolvimento de auto-rádios e sistemas de navegação para a indústria automóvel, controladores de caldeiras, entre outros equipamentos electrónicos. A produção de auto-rádios representou cerca de 77% da produção em 2008, sendo por isso, o produto com mais destaque. Em 2009, foram introduzidos os sistemas de navegação, vindo estes colmatar a diminuição da venda de auto-rádios. Na Figura 26 estão ilustrados alguns dos produtos fabricados.



**Figura 26 – Produtos da empresa: a) Exemplo de um auto-rádio Audi b) Sistema de Navegação VW/SEAT/SKODA c) Controladores electrónicos (Termotecnologia (TT)) d) Controlo de Sistemas de Chassis (CC) (Bosch, 2010a)**

A variedade de auto-rádios é grande pois a empresa produz para diferentes marcas, por exemplo, Nissan, Opel, Audi, Renault, entre outros e ainda produz diferentes tipos de auto-rádios para a mesma marca. Normalmente, estes são variantes de um mesmo modelo, formando uma família de produtos pois o seu processamento é muito similar e partilham os mesmos recursos, e por isso são produzidos na mesma linha/célula de produção. O mesmo acontece para os sistemas de navegação.

Os outros tipos de produtos produzidos são os controladores de caldeiras. Os controladores de caldeiras têm também bastante variedade relativamente à família e ao tipo de cliente. Os clientes deste tipo de produtos são a Bosch Termotecnologia e vão para diferentes países onde esta está instalada (Portugal, Alemanha, Inglaterra, França, Tunísia, Holanda). Em cada família existe também diferentes produtos, sendo que pode variar entre 3 a 30 referências que correspondem a diferentes produtos. As diferentes famílias são agrupadas e produzidas em diferentes células de montagem.

Uma pequena parte da parte da produção diz respeito aos Sistemas de Chassis, mas que ainda representam pouco.

Nas Figura 27 é possível ver a evolução do volume de negócios dos últimos 3 anos assim como o *pLaneado* para 2010 e o número de colaboradores. Em 2008, o volume de negócios diminuiu, e consequentemente o número de colaboradores. Isto aconteceu devido à crise que se fez sentir no sector automóvel que se fez sentir.

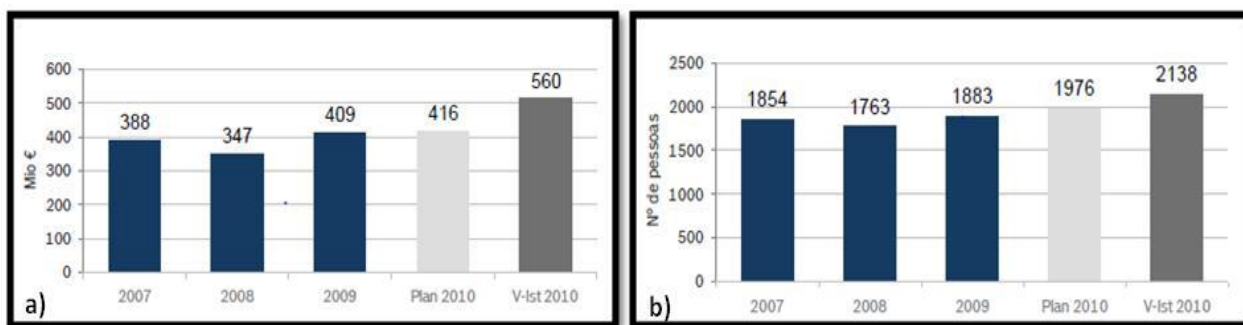


Figura 27 – Evolução do a) volume de vendas anual; b) nº de colaboradores (Bosch, 2010b)

### 3.5.1 Desenvolvimento de novos produtos

A empresa tem uma política bem definida no que diz respeito à introdução de novos produtos. Antes de um produto começar a ser produzido numa linha, é realizado um *planeamento* de todas as actividades necessárias para a sua produção. Desde o desenvolvimento do produto até que este esteja a ser produzido em série demora cerca de 3 anos. Quanto mais tarde certas actividades forem decididas e mudadas, maiores serão os custos dessa mudança (Figura 28).

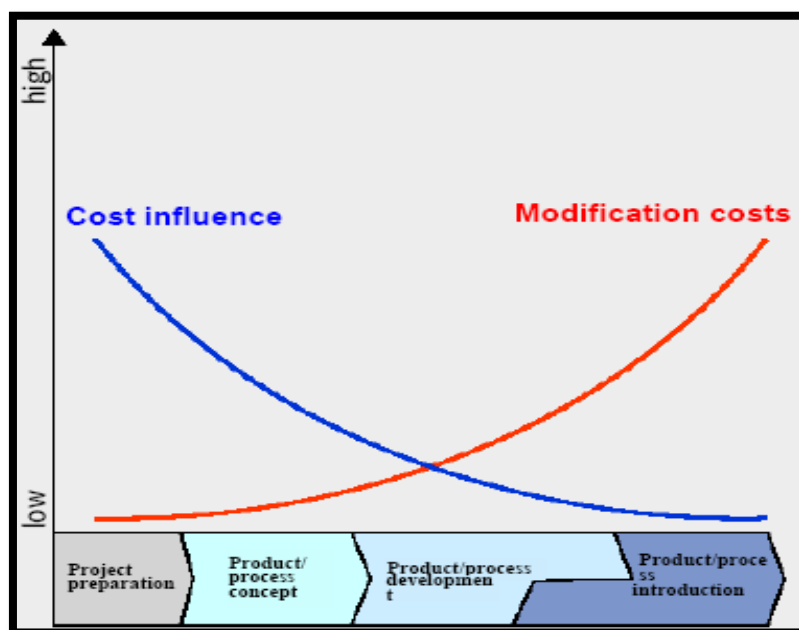


Figura 28 – Influência dos custos na mudança (Bosch, 2010d)

Quando um produto é novo e não existe nenhuma linha cujos meios de produção são semelhantes aos meios necessários para a produção deste, é realizado um procedimento descrito seguidamente.

A equipa responsável pelo projecto do produto faz o *Value Stream Design* (VSD) do produto baseado na visão da organização, isto é, os dados relativos aos processos, fornecedores, controlo do fluxo de materiais, problemas esperados e fluxo de materiais que ainda não são os reais, mas os

espectáveis. Neste momento, apenas é conhecido o volume de encomendas do cliente e deste modo é possível calcular o *Takt Time*, através da equação 3.

$$TT = \frac{\text{Tempo Disponível}}{\text{Volume de Encomendas}} \quad (3)$$

A partir do TT é possível saber que para responder às necessidades do cliente a linha ou célula de produção terá que ter um Tempo de Ciclo (TC) inferior ao TT pois de outra forma não conseguirá satisfazer as necessidades do cliente.

A fase seguinte é o *Planning of SCALable manufacturing concepts – SCALing*. Nesta fase são descritos os processos: se são manuais, semi-automáticos ou automáticos, os tempos de processamento, o investimento associado, a identificação do *bottleneck*, entre outros. Após identificado o *bottleneck*, são avaliadas formas de diminuir ao máximo os desvios deste para que seja possível ter postos de trabalho balanceados. Outras áreas a serem contabilizadas são a segurança operacional e a ergonomia, propriedades do produto e a qualidade deste, a estabilidade dos processos e a flexibilidade.

Seguidamente, é feito o *Lean Line Design*. Esta é a forma de implementação de princípios BPS em relação ao *pLaneamento* e reestruturação de sistemas de trabalho manuais e semi-automáticos. Os objectivos desta fase são aumentar a produtividade e a flexibilidade bem como a redução do investimento, área de produção necessária e o *Lead Time*. Uma das actividades a serem feitas é o desenho da linha/célula tanto em 2D como em 3D (Figura 29) tendo como objectivo obter flexibilidade. Para a empresa, flexibilidade significa um ajuste fácil e rápido às necessidades do cliente.

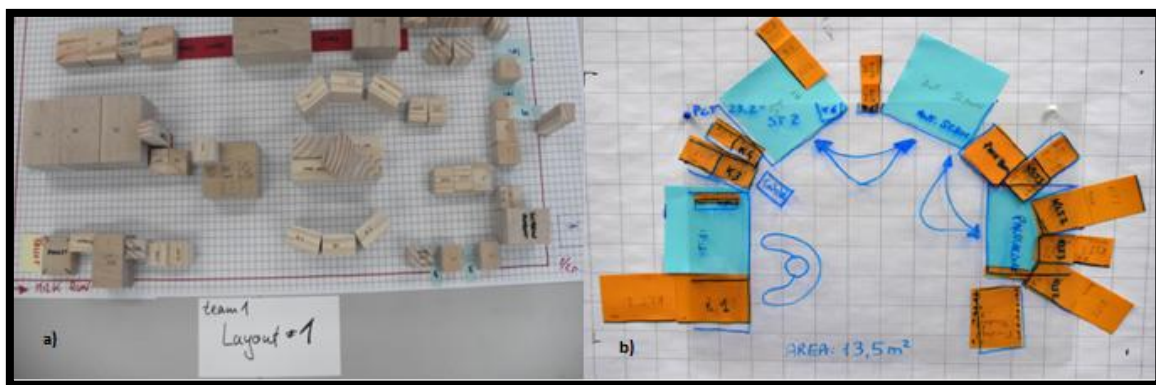


Figura 29 – *Lean Line Design*: a) Desenho da linha 3D b) Desenho da linha 2D (Bosch, 2010d)

Isto diz respeito a máquinas e equipamentos bem como à organização do trabalho. Posteriormente é implementado na linha de produção através de caixas de cartão de forma a ter uma perspectiva real desta. Nesta fase é possível estimar o valor do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (equação 4) através de linhas/ células semelhantes e deste modo calcular o TC (equação 5). O cálculo do OEE

depende dos factores disponibilidade, velocidade e qualidade. O factor disponibilidade (FD) diz respeito a falhas de máquinas e equipamentos, tempos de mudança, ajustes e calibrações. As perdas de eficiência por parte da velocidade (FV) devem-se à redução da rapidez de trabalho, operações improdutivas e tempos mortos. Relativamente à qualidade (FQ), estes devem-se a perdas de produtos com defeitos e erros de processo (Bosch, 2006).

$$\text{OEE} = \text{FD} \times \text{FQ} \times \text{FV} \quad (4)$$

$$\text{TC} = \text{TT} \times \text{OEE} \quad (5)$$

Seguidamente faz-se a distribuição do trabalho e define-se o número de operadores para cumprir o TT do cliente com TC estabelecido. O nº de operadores é calculado através da equação 6.

$$\text{Nº operadores} = \frac{\text{Tempo do operador processar uma peça (tempo de processamento)}}{\text{TC}} \quad (6)$$

Os operadores são alocados de modo a que não haja muita flutuação do tempo entre eles, pois, idealmente todos os operadores deveriam ter o mesmo tempo de ocupação. O balanceamento tem em conta os tempos de operação de cada processo.

O processo seguinte é o de definir modos e gamas operatórios, que no caso de ser uma célula pode variar consoante o TT. Por estas razões é tão necessário implementar linhas/ células flexíveis, que se adaptem às oscilações dos pedidos dos clientes.

Se o produto a ser produzido tiver processos e meios de produção semelhantes a algum já produzido na empresa, este será alocado a uma linha/ célula já existente. Primeiramente, é necessário verificar se a linha tem capacidade para se produzir o produto e caso tenha, pode ser alocado à linha. O TC do novo produto irá depender dos processos que utiliza mas se não houver muitas alterações no processo, o TC será o TC da linha.

### 3.5.2 *Grau de personalização de produtos*

A personalização do produto é algo muito importante, pois o cliente é quem dita a produção. Na empresa, um produto é desenvolvido em função dos requisitos do cliente e a sua produção só é iniciada após sua aprovação. Assim, qualquer alteração que este proponha após esta fase, terá que ser paga à empresa, pois os custos de uma modificação normalmente são muito elevados. O mesmo acontece se a empresa quiser alterar alguma coisa.

O cliente pode escolher diferentes alternativas de produto para produto mediante aquilo que a empresa oferece e o que ficou acordado. Relativamente aos auto-rádios, este pode escolher a cor da

iluminação, o formato dos botões, o posicionamento destes e as letras associadas, a cor da *Blenda*<sup>1</sup>, entre muitos outros.

### 3.6 Mercado e principais clientes

A empresa estabelece parcerias com os clientes, de modo a que estes forneçam previsões da procura e da data de entrega das mesmas, e só assim é possível fazer o nivelamento da produção. Neste sentido surge a problemática do aumento de *stocks* e a satisfação do cliente, isto é, a encomenda nunca pode faltar ao cliente. O receio de não ter o produto na quantidade e na data que o cliente quer está acima do facto ter excesso de *stocks*. Para evitar *stocks* em excesso é feita uma revisão e um novo cálculo para cada período de nivelamento. Os principais clientes da empresa estão na Figura 30.



Figura 30 - Principais clientes  
(Bosch, 2010a)

### 3.7 Sistema de Produção

Na empresa, a produção é orientada ao produto, isto é, as linhas e as células de produção são dedicadas a uma determinada família de produção. Estas têm que ser flexíveis e adaptáveis aos requisitos dos clientes. A produção é coordenada e sincronizada entre as fases de fabricação de famílias de produtos.

As matérias-primas são de grande variedade e quantidade podendo ascender aos milhares, de natureza essencialmente electrónica e polimérica. Os principais meios de produção são

<sup>1</sup> Parte exterior do rádio e que normalmente pode ser retirado por questões de segurança

equipamentos caros e de difícil substituição, maioritariamente equipamentos que acrescentam valor ao produto, contudo existem muitos sistemas de teste ao longo de todo o processo para garantir controlo de qualidade.

A empresa aplica princípios *Lean*, tendo em conta a melhoria contínua dos seus processos. O controlo da produção e do fluxo de materiais são feitos maioritariamente através do sistema *Kanban*. As quantidades a produzir são definidas semanalmente através de um plano nivelado. Na secção 3.7.4 descreve-se melhor como se processa o fluxo de informação.

### 3.7.1 *Matéria-prima, componentes e fornecedores*

As matérias-primas mais importantes para a empresa são aquelas cujo valor de negócio é mais elevado. Visto que a empresa é da área electrónica, os componentes e matérias-primas representam custos elevados. Os componentes mais relevantes são os electrónicos, placas PCB's - *Printed Circuit Board* e as peças poliméricas.

Até Setembro de 2009, os principais fornecedores da empresa foram os que se pode visualizar na Tabela 1. A maioria são fornecedores internacionais, com a excepção do fornecedor de peças plásticas, que é Português.

**Tabela 1 – Principais fornecedores**

<b>Fornecedor</b>	<b>Componentes</b>
STMicroelectronics NV	Resistências/ Condensadores/ Processadores <i>Surfacel Mount Device</i> (SMD)
Renesas Electronics Europe Gmb	Resistências/ Condensadores/ Processadores <i>Superficil Monting Device</i> (SMD)
Murata Electronik GmbH	Resistências/ Condensadores/ Processadores <i>Surfacel Mount Device</i> (SMD)
Tanashin International PTE LTD	Mecanismos CD
IBER-OLEFF	Peças plásticas
CMKC	Placas PCB
Micron Europe Ltd	Microprocessadores
Pioneer Europe NV	CD Drivers

### 3.7.2 *Processo de produção e implantação*

Os processos de produção da empresa dividem-se em 3 grandes grupos, sendo que estes são a inserção automática, montagem manual e montagem final (Figura 31), havendo entre eles armazenamento (I). Estes processos realizam-se num pavilhão com 2 pisos.



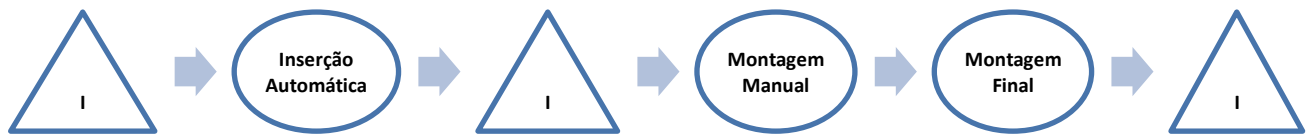


Figura 31 – Sequência dos processos de produção

A inserção automática é feita no 2º piso (Figura 33) e consiste em inserir automaticamente componentes nas placas PCB necessárias à montagem manual. Estes processos são executados por equipamentos totalmente automáticos, sendo que os operários apenas têm funções que dizem respeito ao abastecimento dos equipamentos, mudanças e expedição de produto das linhas.

As montagens manual e final são feitas em linhas de montagem, tanto no 1º e 2º pisos (Figura 32 e Figura 33). Como já foi referido, estas linhas são orientadas ao produto, especificamente a uma família de produtos. Seguidamente, os produtos vão para a montagem final que em alguns casos é a continuação da linha e noutros são células de montagem final, também estas orientadas ao produto.

No total estão envolvidos nestes processos 10 linhas dedicadas à produção de auto-rádios, 8 células de montagem final de controladores de caldeira, 6 linhas de sistemas de navegação e 2 células de sistemas de chassis.

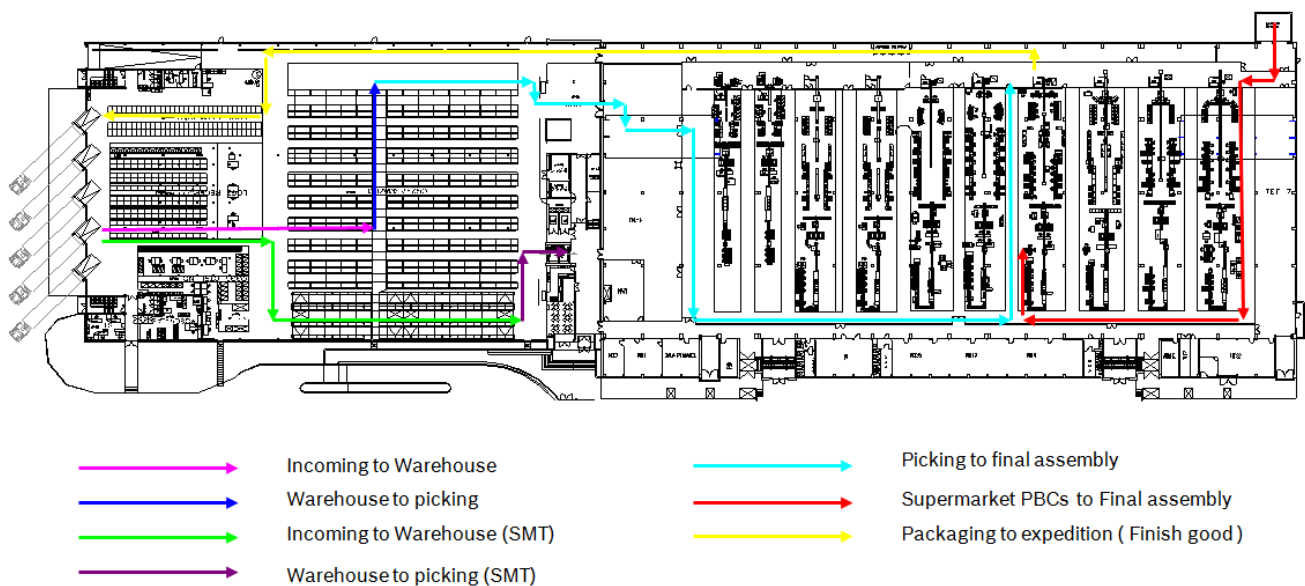


Figura 32 – Layout do piso 1  
(Bosch, 2007)



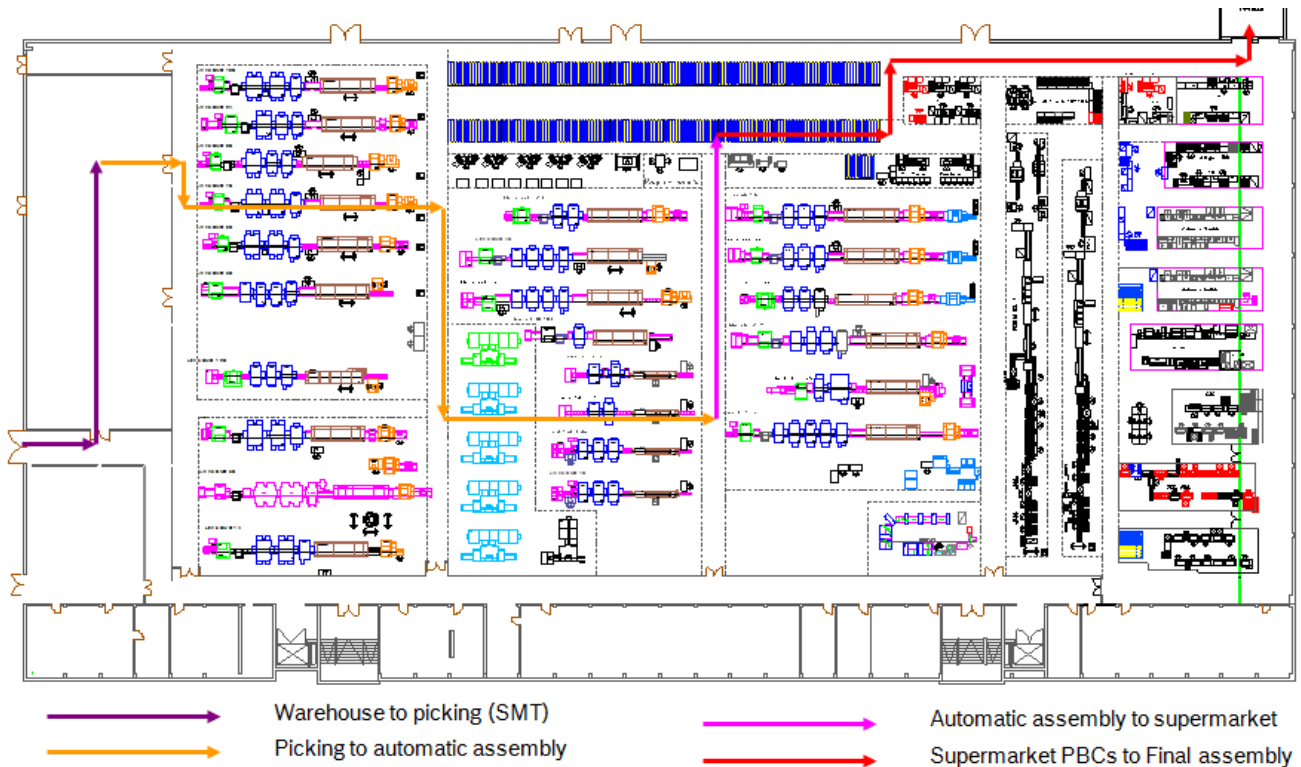


Figura 33 – Layout do piso 2  
(Bosch, 2007)

### 3.7.3 Fluxo de materiais

O fluxo de materiais dentro da empresa inicia-se no armazém de recepção da matéria-prima e termina na expedição do produto acabado para o cliente. No fluxograma da Figura 34 está resumidamente descrito o fluxo de matérias que existe na empresa juntamente com alguma informação que será detalhada na secção seguinte.

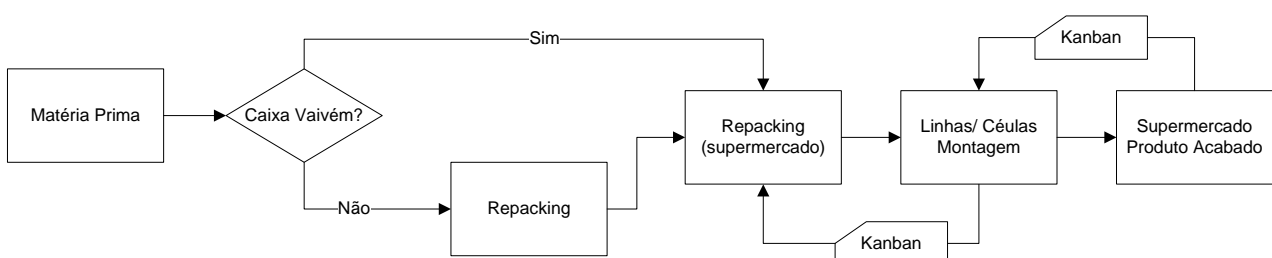


Figura 34 – Fluxograma do fluxo de materiais

A matéria-prima é retirada da embalagem do fornecedor e reembalada para as caixas internas da Bosch na área de reembalagem (Figura 35). Este processo foi implementado com o intuito de não existir lixo na área de produção (plástico, cartão, entre outros) e de garantir que apenas vai a quantidade certa e necessária. Cada caixa interna tem uma determinada quantidade associada, a qual está identificada num cartão *Kanban* assim como o nome ou a referência do material.



Figura 35 – Área de reembalagem

A empresa tem implementado o sistema *Kanban* que suporta o abastecimento de materiais, a produção em si e a reposição dos supermercados.

Após esta fase, as caixas internas vão para a área de *Repacking* (armazém) como se pode ver na Figura 36 e só serão retiradas quando forem requeridas na área de produção.



Figura 36 – Supermercados de matéria – prima a) e b) Zona de *Repacking*

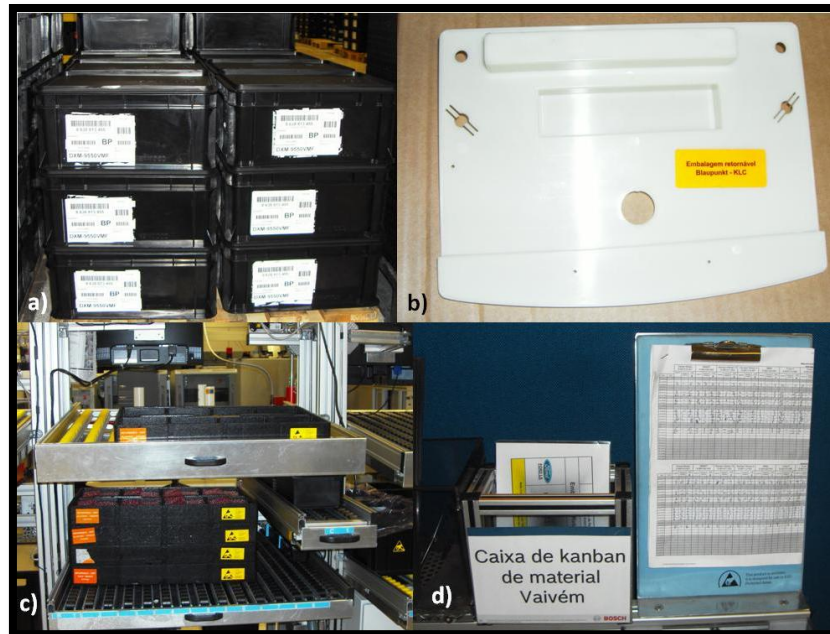
Em cada posto de trabalho existe uma rampa de gravidade onde as caixas são colocadas e devolvidas após serem consumidas (Figura 36).



Figura 37 – a) e b) Caixas com material nas rampas de gravidade

As caixas são transportadas para os postos de trabalho pelo *Milkrun* que tem a função de fazer o transporte destas assim como fazer a troca das caixas vazias pelas cheias. As embalagens vazias são

devolvidas numa área própria. Para além das caixas internas, existe outro tipo de caixas que não necessitam do processo de re-embalamento. Estas embalagens são retornáveis (Figura 38), ou seja, ao fim de consumidos os materiais, as embalagens voltam para o fornecedor. O abastecimento às linhas/ células é feito do mesmo modo que as caixas internas.



**Figura 38 - a) Caixas vaivém no armazém b) Insertos retornáveis dos *Display* dos Auto-rádio c) Caixas vaivém nas linhas de montagem d) Caixa para *Kanban* de material vaivém**

Relativamente ao produto acabado, este é dado como tal quando a paleta fica completa no final dos processos. Após o processo produtivo estar completo, o produto é paletizado e processado um documento: *Handling Unit* (HU) que envia informação ao sistema, comunicando que o produto está pronto a ser vendido e enviado para o cliente. Seguidamente, a paleta é enviada para o armazém de produto acabado (Figura 39), sendo que esta informação tem que ser retida pelo sistema para actividades de controlo.



**Figura 39 – Armazém de produto acabado**

Quando o material é enviado para o cliente, é enviado um cartão *Kanban* para a produção, informando que é necessário produzir pois, a quantidade de produto disponível é menor.



No fluxograma da Figura 34 está resumidamente descrito o fluxo de matérias que existe na empresa juntamente com alguma informação que será detalhada na secção seguinte.

### 3.7.4 Fluxo de informação

Nesta secção é descrita de que forma a informação flui desde que o cliente faz uma encomenda até que é expedida apresentada na Figura 40.

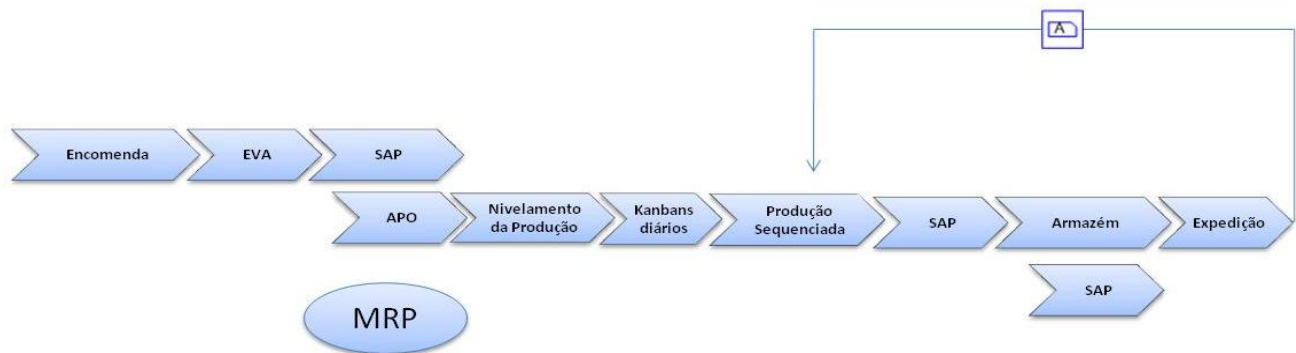


Figura 40 – Fluxograma do fluxo de informação

Entre os clientes e a empresa existe um software partilhado, o EVA e este é a forma de ligação entre eles. Neste são lançadas as previsões a longo e médio prazo e depois é transferido para uma ferramenta interna, SAP, onde está toda a informação sobre todos os produtos. Dentro do SAP existe um subsistema, o APO onde são processadas as encomendas com datas de produção, quantidades, capacidade do sistema produtivo e os materiais necessários. Automaticamente, é despoletado o MRP para os fornecedores com previsões. Seguidamente, é feito o nivelamento da produção numa folha Excel onde estão todos os dados mestre dos produtos. Depois a informação é transformada em *Kanbans* diários que vão para a produção, sendo que depois são sequenciados.

Quando termina a produção, o produto é embalado e paletizado, processado o HU com os 13 dígitos na referência que indica que está pronto a ser vendido. A partir deste momento, todos os movimentos que a paleta fizer é processado em PDA.

De seguida, a paleta segue para o armazém e só é expedida quando a informação entrar no SAP.

## 3.8 Princípios BPS

A empresa orienta-se por 8 princípios que fazem com que haja melhoria da qualidade dos produtos, reduza os custos e diminua os prazos de entrega, visando a satisfação dos clientes e colaboradores. O BPS guia-se por princípios semelhantes ao da *Toyota Production System*, tentando implementar ferramentas *Lean* aplicadas à empresa.

Os oito princípios são os seguintes: sistema puxado, orientação do processo, isto é, *design*, e controlo e melhoria de procedimentos, qualidade perfeita, flexibilidade dos meios de produção, padronização, eliminação do desperdício e melhoria contínua através dos procedimentos do *Continuous Improvement Process* (CIP), processo transparente, envolvimento e delegação dos colaboradores, como é possível ver na Figura 41.

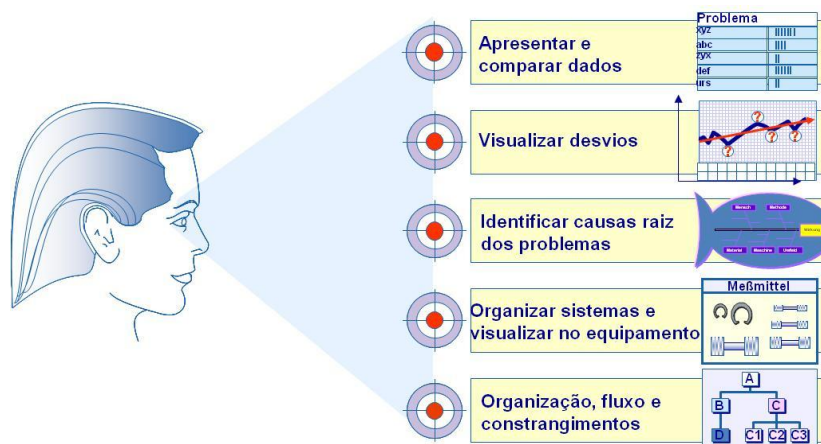


**Figura 41 – Princípios e Objectivos BPS**  
(Bosch, 2003/2004)

### 3.8.1 Melhoria contínua e Processo Transparente e Standards

Um dos lemas da empresa é que “Não há nada que não possa ser melhorado”. Neste sentido, a melhoria contínua e o facto de tentar evitar o desperdício ajuda a um maior controlo dos processos.

A transparência nos processos é um requisito para atingir os objectivos e melhoria continua. A transparência significa também que todos conhecem as suas tarefas e objectivos, facilita uma orientação rápida em todas as áreas melhorando a compreensão global. Uma das ferramentas que ajuda na transparência é a gestão visual (Figura 42) já apresentada na secção 2.3.7..



**Figura 42 - Vantagens da gestão visual**  
(Bosch, 2003/2004)

Um processo muito importante para garantir a melhoria contínua é a normalização através de *Standards*. Estes são elementos muito importantes e são conseguidos através de trabalho normalizado, 5S e gestão visual. Este processo está bastante focado no PDCA (secção 2.3.4), pois é necessário perceber as causas dos problemas, e estabelecer planos e acções para os resolver (Figura 44).



Figura 43 – Processo de melhoria contínua  
(Bosch, 2003/2004)

### 3.8.2 Flexibilidade

A flexibilidade é um princípio bastante importante na empresa pois os recursos de produção têm que se adaptar às flutuações da procura do cliente e variações do produto. Isto é, flexibilidade, para a empresa, traduz-se numa adaptação simples e rápida aos pedidos do cliente. Os recursos necessitam de ser fiáveis, rapidamente alterados e os colaboradores flexíveis.

Os meios de produção são o essencial para que a produção seja possível. Desta forma, é fundamental medir e avaliar o desempenho destes, de forma a poder melhorar a sua eficiência.

Os indicadores que a empresa utiliza e avalia são o OEE (abordado na secção 3.5.1) e a produtividade. O OEE é um indicador que avalia a eficiência de um equipamento ou sistema durante o tempo de processamento, sendo uma ferramenta essencial para medir as perdas e avaliar o desempenho (Klippel et al., 2003, Santos, 2009). Inicialmente, o OEE apenas era indicado para o cálculo de um equipamento, contudo, ao longo do tempo estendeu-se a toda a fábrica, podendo ser também uma medida de um sistema (linha ou célula). Para além disso, as empresas adoptam a metodologia de cálculo ao seu ambiente (Muchiri & Pintelon, 2008).

A produtividade é um rácio de peças produzidas por unidade de tempo (Hallam et al., 2009) embora a empresa utilize uma variante deste conceito. A produtividade é calculada através de um rácio do tempo necessário para produzir e o tempo de ocupação dos operadores, dado por uma percentagem (equação 7).

$$\textbf{Produtividade (\%)} = \frac{\Sigma(Tc \times Q)}{\text{Tempo de ocupação} \times 3600} \times 100 \quad (7)$$

Em todas as linhas, células ou áreas de produção são medidos estes indicadores, sendo que baixos níveis de produtividade e OEE são um sintoma de que algo não está bem. O valor *standard* Bosch mínimo do OEE é de 95%.

### 3.8.3 *Stocks (WIP)*

O valor dos *stocks* é uma medida muito importante para a empresa. Visto que a Bosch é uma empresa que emprega princípios *Lean*, é seu objectivo reduzir todo o tipo de *stock* existente (WIP, matéria-prima e produto acabado). Deste modo, este é monitorizado continuamente e avaliado de forma a encontrar desvios para posteriormente serem tomadas medidas.

O *Gesamteindeckungzahl* (GEZ) é uma métrica que mede nível de inventário (somatório da matéria-prima, WIP e produto acabado) e este é apresentado no VSM global da empresa.

Em 2009 foi desenvolvido um projecto pela gerência da empresa que visava reduzir os níveis de *stock*. Os baixos níveis de *stock* permitem níveis de liquidez disponíveis para investimentos, uma vez que os *stocks* têm um elevado custo de oportunidade. A redução destes facilita a competitividade da empresa. Este projecto foi fundamental durante a crise mundial, conseguindo assim manter níveis de desempenho elevados.

### 3.8.4 *Princípio de Puxar*

Um outro princípio é o de puxar a produção a partir do cliente (secção 2.3.1.3). Este vai ao encontro das práticas *Lean* utilizadas pela empresa. Com a utilização do princípio do puxar, a produção e a logística só são impulsionadas na cadeia de valor quando o pedido do cliente interno ou externo está presente.

Com a introdução simultânea da produção de fluxo contínuo e da sincronização da produção com a logística é possível reduzir os tempos de percurso e os *stocks* ao mínimo. O objectivo é serem capazes de produzir dentro do *Takt Time* (secção 3.5.1) do cliente e de acordo com os seus pedidos.

### 3.8.5 *Satisfação de clientes*

A satisfação dos clientes é um dos factores estratégicos e é medida através de inquéritos de satisfação dos clientes, avaliações periódicas, reclamações destes e cartas de reconhecimento enviadas pelos mesmos. Os indicadores chave que reflectem o desempenho da empresa dizem respeito à qualidade, entrega e fidelidade dos clientes.

A realização de inquéritos tem como objectivo obter uma percepção da satisfação dos clientes. Deste modo, a partir de 2008 foi decidido pela empresa fazer questionários aos clientes de dois em dois anos. Os inquéritos são enviados e posteriormente analisados para que, caso seja necessário, sejam implementadas acções correctivas, visando deste modo a melhoria contínua. A avaliação tem uma escala de 0 a 4, sendo que o objectivo é atingir os 3,15 como se pode verificar na Figura 44. Para além disto, estão disponíveis nos portais da intranet inquéritos que podem ser preenchidos mensalmente pelos clientes. Estes têm percepção dos processos visto que são realizadas auditorias e visitas por parte destes.

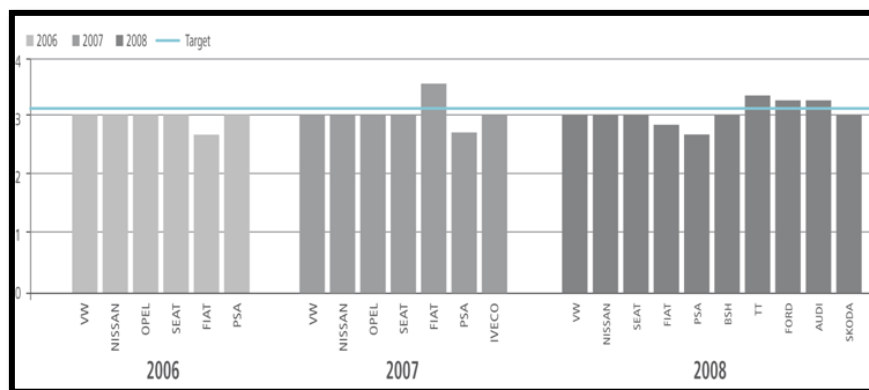


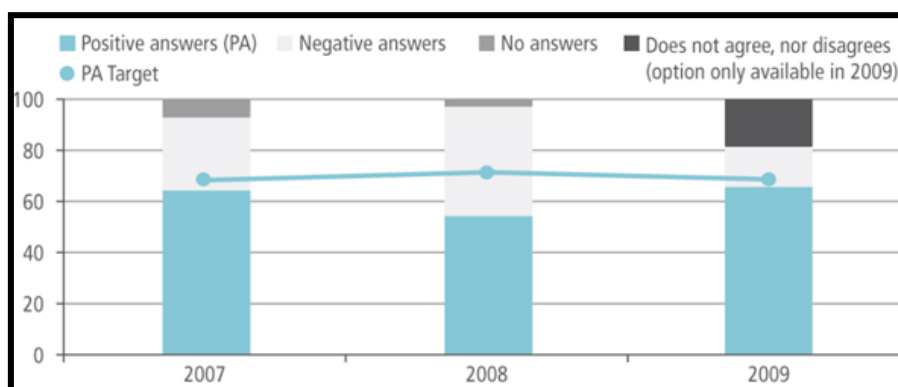
Figura 44 – Satisfação dos clientes relativamente à qualidade dos produtos (Bosch, 2010c)

### 3.8.6 Satisfação de colaboradores

Desde 2002, a Bosch avalia anualmente a satisfação dos colaboradores através de um inquérito. Em 2008, o inquérito foi realizado por uma empresa externa: Observatório Nacional de Recursos Humanos (ONRH) o que permitiu obter comparações com outras empresas.

A adesão dos colaboradores tem aumentado de forma satisfatória para a empresa, sendo que em 2008 e 2009 a participação esteve acima dos 89,5%. No seguimento dos resultados foram feitos 33 *Workshops* com 1/3 dos colaboradores de forma a acordar medidas de melhoria, as quais são acompanhadas pela metodologia Plan, Do, Check, Act (PDCA). Na Figura 45 pode visualizar-se os resultados dos inquéritos nos últimos 3 anos.





**Figura 45 – Evolução da satisfação dos colaboradores**  
(Bosch, 2010c)

O Programa de Sugestões permite também integrar os colaboradores na medida em que dá oportunidade aos colaboradores para apresentarem soluções e ideias que melhorem o desempenho e as condições da empresa. Todos os colaboradores podem fazer sugestões sobre algo que considerem que esteja mal e de seguida são dirigidas para os responsáveis por este procedimento. Como forma de recompensa são dadas senhas que dependendo do número podem ser trocadas por produtos da loja Bosch. O número de sugestões têm vindo a aumentar, a maioria delas com bastante qualidade, sendo uma mais-valia para a empresa. Deste modo, a empresa tenta envolver e responsabilizar os colaboradores para que estes participem na evolução desta.



## 4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA LINHA *HEATRONIC*

Neste capítulo é realizada uma descrição da linha *Heatronic*, na qual se centrou o estudo e são apontados alguns problemas encontrados depois de uma análise crítica ao funcionamento da linha e à medição de alguns indicadores de desempenho. O VSM e a análise ABC foram ferramentas utilizadas durante a análise que permitiram um estudo mais detalhado da linha e dos produtos produzidos.

### 4.1 *Produtos da Linha Heatronic*

Na linha *Heatronic* montam-se componentes em placas PCB para produtos TermoTecnologia (TT), isto é, controladores de caldeira para a Bosch TermoTecnologia, empresa do mesmo grupo situada em Aveiro e outras. Nesta linha realizam-se processos de montagem manual assim como toda a preparação para a montagem final. A parte da montagem manual é constituída por três braços distintos (braço 1, braço 2 e braço 3) que monta várias famílias de produtos, presentes na Tabela 2. Cada um destes braços tem um quadro de nivelamento composto por cartões *Kanban* que representam ordens de produção.

Tabela 2 – Tipo de famílias de produtos produzidas, braço da linha onde é realizada a montagem manual e célula de montagem final

Famílias	Montagem Manual	Montagem Final (célula)
<i>Heatronic</i>	Braço 1	<i>Heatronic</i>
<i>Riboard</i>	Braço 2	<i>Riboard</i>
KME	Braço 2	<i>Riboard</i>
<i>Regler</i>	Braço 3	<i>Regler</i>
IXM	Braço 3	IXM
<i>Trim-Mid</i>	Braços 3/2	<i>Trim-Mid</i> (piso 1)
RVC	Braço 3	Linha Car Radio (piso 1)
<i>Nefit</i>	Braço 3	<i>Nefit</i>
CAE	Braço 3	<i>Riboard</i>

As matérias-primas que entram na linha (mais concretamente na montagem manual) são placas PCB com processos de inserção automática que são trazidas em *containers* pelo *Milkrun* provenientes da inserção automática (com componentes inseridos automaticamente) e abastecem a linha, entrando no braço respectivo para a montagem manual (Figura 46 (1)). Na montagem manual são inseridos manualmente componentes nas placas PCB (Figura 46 (2)). Estes componentes são trazidos pelo *Milkrun* do armazém de matérias-primas até à linha. Após esta fase e ainda nesta

linha, existem processos automáticos e de controlo que não têm qualquer abastecimento e nas células de montagem final são novamente inseridos outros componentes para obtenção do produto final (Figura 46 (3)).

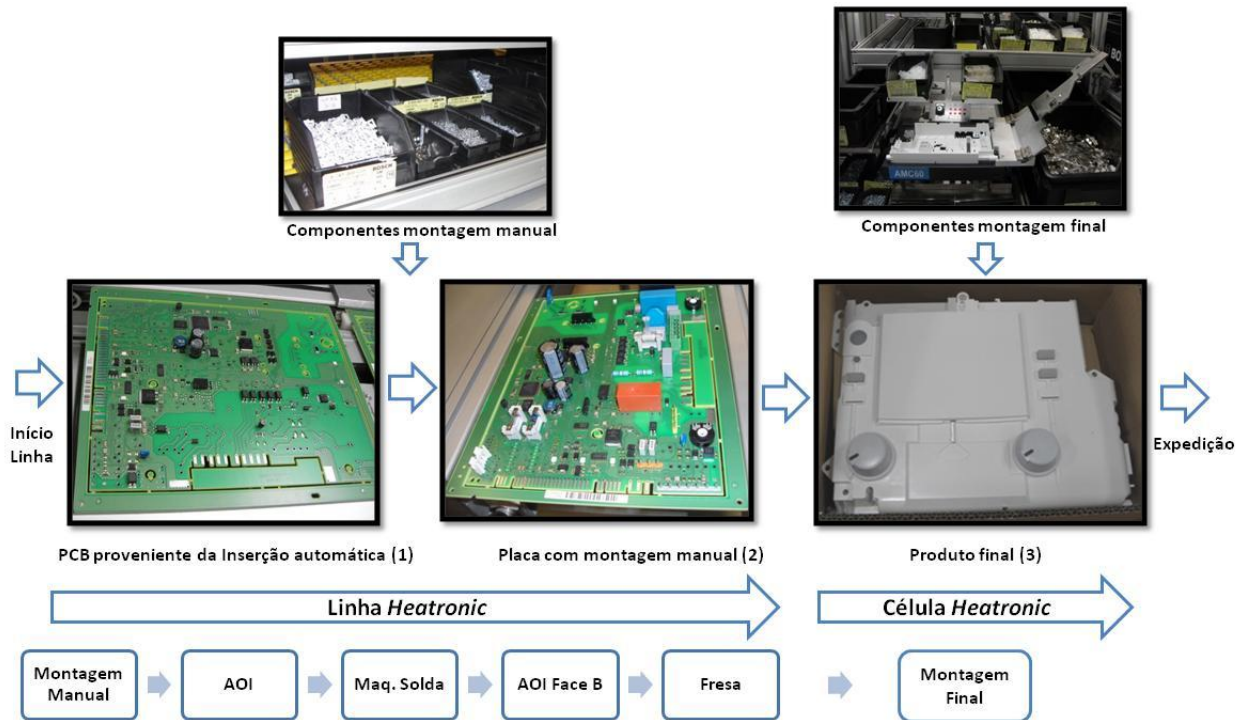


Figura 46 – Fases do produto, fases do processo e implantação onde são realizadas as fases

## 4.2 Implantação e fluxo de materiais na Linha

Na Figura 47 está presente o *Layout* geral da secção onde está implantada a linha *Heatronic* (rectângulo azul), as células alimentadas pela linha, o local da linha em questão e o fluxo de materiais representado pelas setas. As setas a verde que representam o fluxo de materiais do braço 3 e repetem-se porque existem diferentes famílias de produto que têm diferentes células de montagem (tal como apresentado na Tabela 2 acima); as setas violeta o fluxo de materiais do braço 1 e por fim o laranja que representa o fluxo do braço 2.

A distância que os produtos percorrem desde que saem da linha de montagem manual até às células finais é cerca de 40 metros. As células alimentadas por esta linha são 5 e cada uma destas células ocupa aproximadamente 54,6 m<sup>2</sup>.

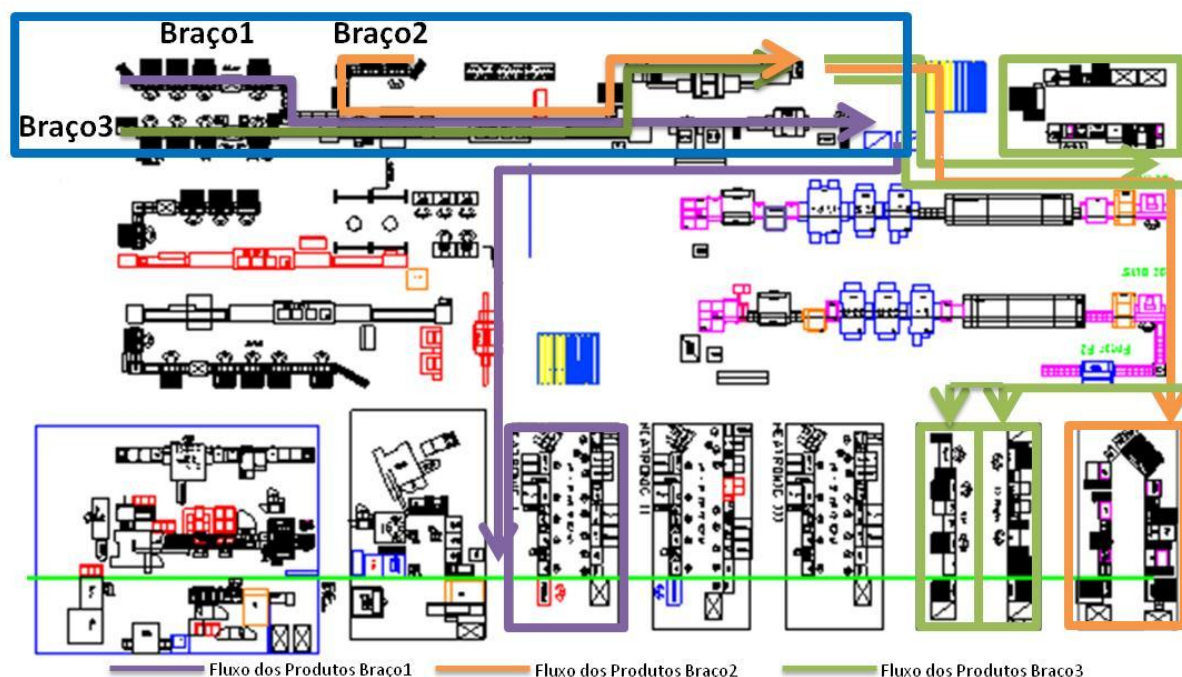


Figura 47 – Implantação geral e fluxo de materiais dos produtos provenientes da linha *Heatronic*

A linha *Heatronic* é constituída por cerca de 9 operadores distribuídos por postos de trabalho como apresenta a Tabela 3, 1 reparador e 1 operador responsável pelo transporte e ocupa uma área de 122,4 m<sup>2</sup> aproximadamente. Pode distinguir-se na linha 3 partes distintas, relativamente ao processo aí dominante: 1) montagem manual, 2) *conveyor* constituído pelo primeiro *Automatic Optical Inspection* (AOI) e a solda e 3) fim da linha constituída pelo AOI face B e fresa. A parte da montagem manual é formada por três braços onde são montados diversos tipos de produtos. Na Figura 48 visualiza-se mais pormenorizadamente a linha *Heatronic* com as distintas partes. Nas secções seguintes são descritas detalhadamente cada parte da linha referida.

Tabela 3 – Postos de trabalho e respectiva função

Posto de Trabalho	Função	Parte da Linha
1	Montagem Manual de componentes	Montagem Manual/braço1
2	Montagem Manual de componentes	Montagem Manual/braço1
3	Montagem Manual de componentes	Montagem Manual/braço1
1'	Montagem Manual de componentes	Montagem Manual/braço2
2'	Montagem Manual de componentes	Montagem Manual/braço2
1''	Montagem Manual de componentes	Montagem Manual/braço3
2''	Montagem Manual de componentes	Montagem Manual/braço3
4	Colocar placas no caixilho/ rastreabilidade	<i>Conveyor</i>
5	Retirar placas, testar e colocar na Fresa	Fim da linha

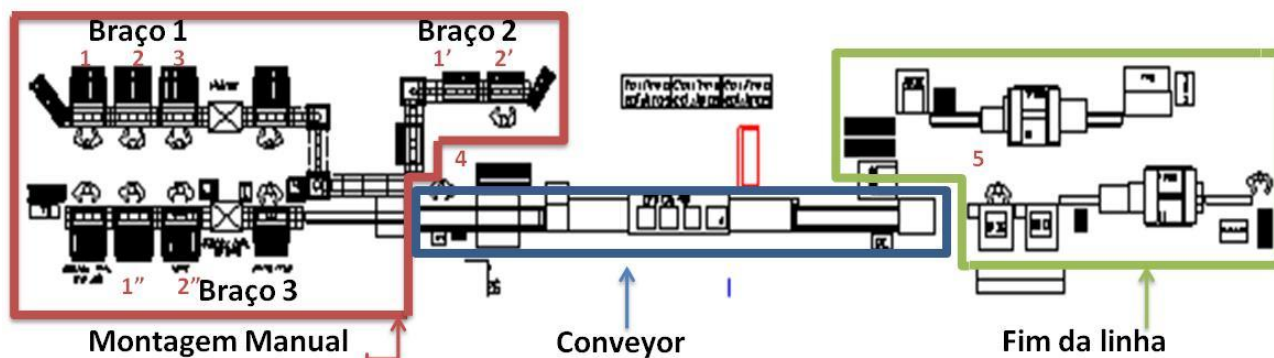


Figura 48 – Diferentes partes da linha Heatronic

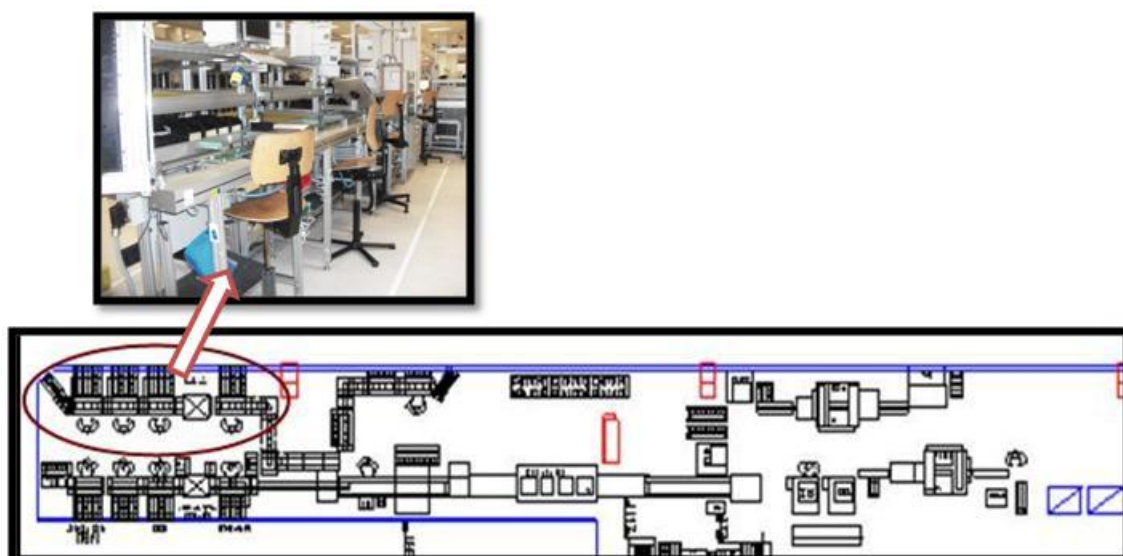
Esta linha trabalha em 3 turnos e os horários praticados nesta linha estão de acordo com Tabela 4.

Tabela 4 – Horários da linha

	1º Turno	2º Turno	3º Turno
Início	06h00	14h30	23h00
Reunião	06h00 – 06h05	14h30 – 14h35	23h00 – 23h05
Intervalo (13min)	07h20 – 07h33	16h37 – 16h50	01h20 – 01h33
Intervalo (almoço/ jantar/ ceia)	11h05 – 11h35	19h05 – 19h35	03h40 – 04h10
Intervalo (5min)	13h00 – 13h05	21h25 – 21h30	
Fim	14h30	23h00	06h00
Tempo Produção	457 min	457 min	372
Fim (6ª feira)			08h30
Tempo Produção (6ª feira)			517

#### 4.2.1 Montagem Manual

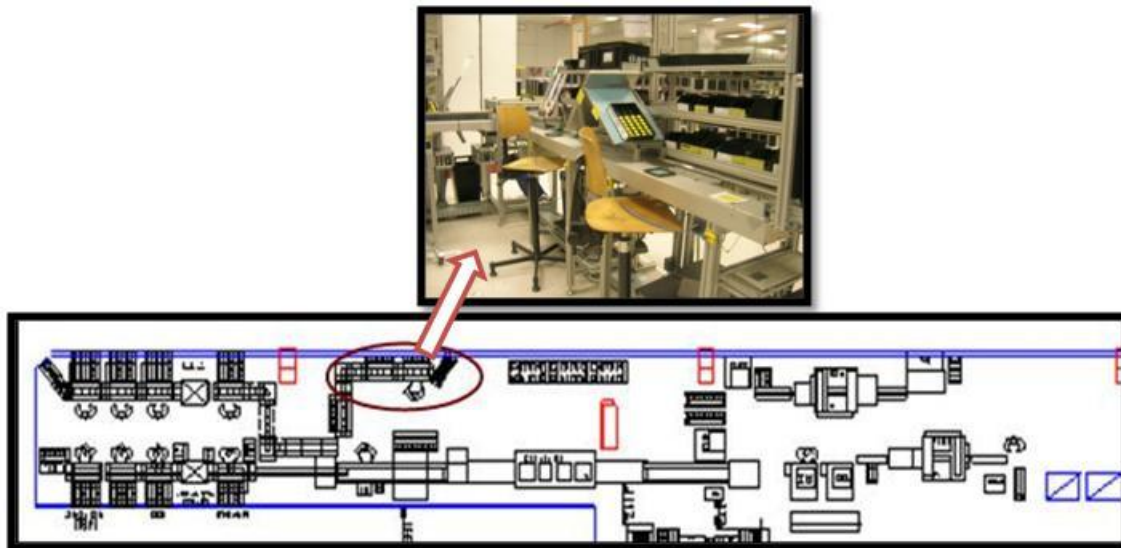
A parte circundada a vermelho da Figura 49 representa a montagem manual de uma família de produtos Heatronic (braço1). Esta tem 4 postos de trabalho e normalmente trabalha com 2 ou 3 operadores, o que faz com que o Tempo de Ciclo do braço 1 também varie entre 37 a 56 segundos.





**Figura 49 – Montagem manual da família *Heatronic***

De seguida, apresenta-se uma outra montagem manual (Figura 50) que produz duas famílias de produtos diferentes: *Riboard* e *Trim-Mid* (braço 2). Esta tem dois postos de trabalho e normalmente estão 1 ou 2 operadores, portanto o Tempo de Ciclo varia entre 58 e 116 segundos.



**Figura 50 - Montagem Manual Família *Riboard* e *Trim-Mid***

A terceira montagem manual (braço 3) diz respeito à linha em que são produzidos maior variedade de produtos. Nesta são feitas várias famílias de produtos de que são exemplos o *Regler*, *Nefit*, *IXM*, outra placa da família *Trim-Mid*, entre outros (Figura 51). Esta tem 4 postos de trabalho, contudo só são utilizados 1 ou 2 porque em cada posto de trabalho só pode ser produzido determinado produto, isto é cada posto é específico de um produto, portanto quando esse produto não está a ser produzido não é usado esse posto.

Visto que se produzem famílias diferentes, o Tempo de Ciclo varia de família para família. No Anexo B possível visualizar o Tempo de Ciclo de cada um com diferente número de operadores. Deste modo, é possível serem feitos alternadamente dois a dois (exemplo: num posto de trabalho a ser produzido o produto *Regler* e no outro o produto *IXM*). Isto pode acontecer com 3 produtos no máximo, contudo não existe *standard* para tal.

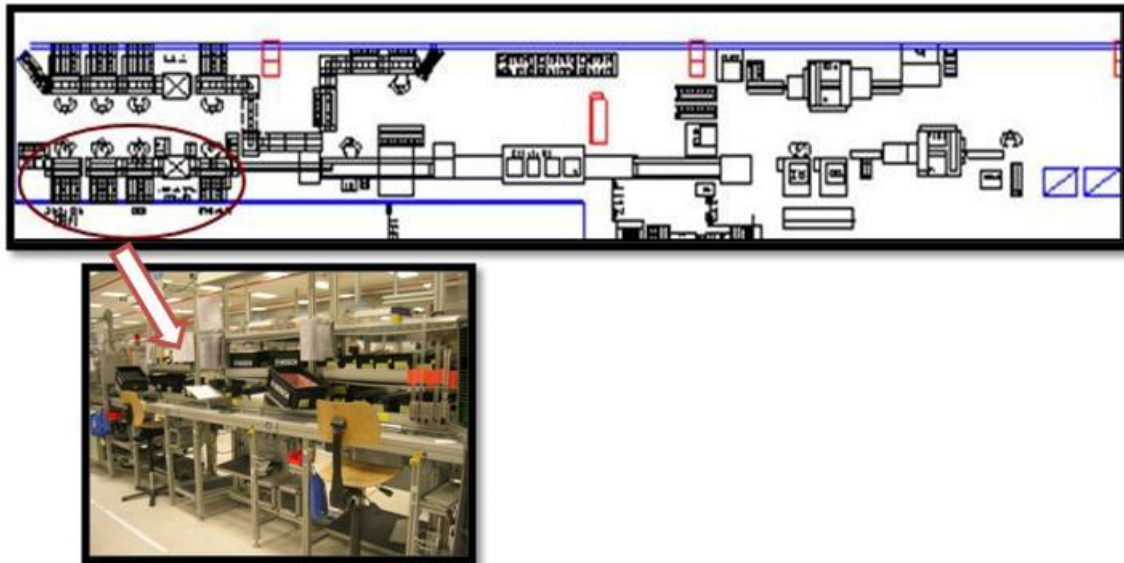


Figura 51 - Montagem Manual Família Regler, IXM, entre outros

#### 4.2.2 Conveyor (AOI e Solda)

Os 3 braços da montagem manual descritas acima convergem para um *conveyor*, assinalado a vermelho Figura 52. Esta convergência é realizada por intermédio de uma colaboradora num posto de trabalho que transfere as placas que vêm dos 3 braços para caixilhos que são transportados num *conveyor*.

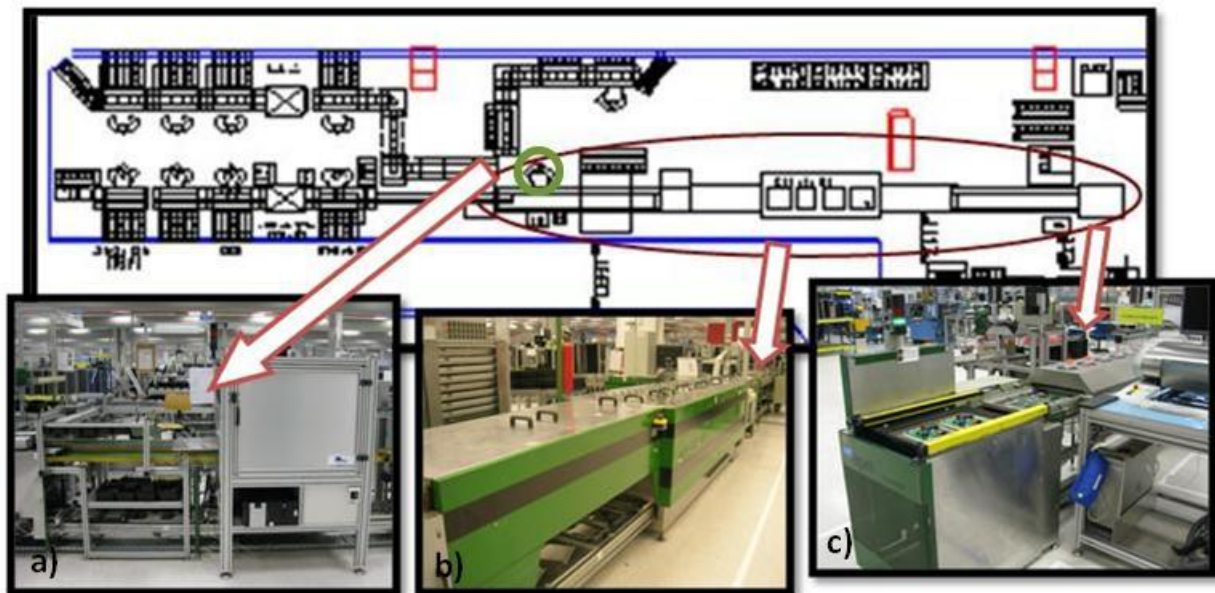


Figura 52 – Conveyor a) Início e AOI; b) Máquina de solda; c) fim do conveyor

Esse posto de trabalho, assinalado a verde na figura anterior, tem como função pegar nas placas de cada um dos 3 braços de montagem manual descritas, colocar num caixilho e colocar os respectivos calcadores. Os calcadores (Figura 53) são peças que servem para fixar componentes mais frágeis, feitas de um material polimérico e cujo preço unitário é de 20€.





Figura 53 – Exemplos de calçadores

A sequência pela qual a operadora deve pegar nas placas é ditada pelas famílias de produtos que são montadas nos braços e pelo tipo de caixilho em que podem ser colocados. Os caixilhos são peças que servem para transportar as placas para a máquina de solda e diferem de produto para produto. Cada caixilho tem duas posições iguais portanto para placas iguais. Isto quer dizer que a operadora tem que pegar em duas placas iguais de cada braço. A Figura 54 ilustra um caixilho da família de produtos *Heatronic* (à esquerda) e *Nefit* (à direita).

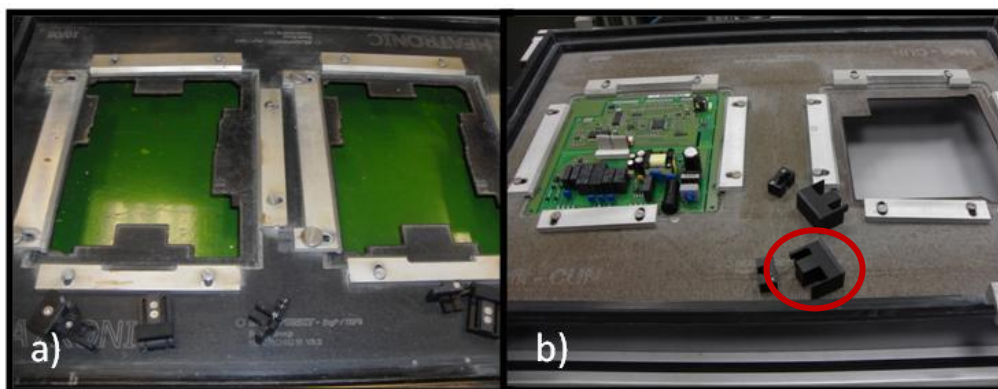


Figura 54 – Exemplos de caixilhos: a) *Heatronic* b) *Nefit*

Existem vários tipos de caixilhos e estes são utilizados quando o produto referente está a ser produzido. Os restantes caixilhos estão guardados num carrinho (Figura 55). Sempre que há mudança de produto e o caixilho que está no *conveyor* não corresponde a este, a operária tem que retirar o caixilho do *conveyor*, colocar no carrinho e trazer (ou não, porque pode não ser necessário o mesmo número de caixilhos) um que corresponda. Este acontecimento não é previsível nem cíclico, sendo muitas vezes causado por mudanças inesperadas. Normalmente, uma mudança pode demorar cerca de 10 minutos até que o sistema produtivo esteja estável, isto é, funcionar sem ter que mudar caixilhos devido a mudanças de produto.



Figura 55 – Carrinho que armazena caixilhos

Após um caixilho estar pronto, este entra numa máquina AOI para ser testado ao nível da qualidade, verifica se os componentes estão todos bem colocados e se estão prontos a funcionar. Caso o teste dê positivo prossegue no *conveyor* e entra numa máquina de solda. Após sair da máquina de solda, existe uma zona de arrefecimento e só depois as placas são retiradas do caixilho. O *conveyor* tem uma velocidade constante de 1,3 m/min. Caso dê negativo, a colaboradora recebe um sinal luminoso a informar que tem que retirar o caixilho que foi rejeitado. Caso seja possível, ela volta a colocar o caixilho no início para poder ser novamente testado, pois os componentes são muito frágeis e por vezes não são lidos correctamente, ocorrendo rejeições indevidas. Neste caso, as placas têm que ser testadas outra vez. Se não for possível, a colaboradora coloca o caixilho no carrinho e só o volta a pô-lo quando entender, pois não existe qualquer procedimento. No caso de serem rejeitados mais do que duas vezes, a operária tem que chamar alguém responsável.

#### 4.2.3 Fim da Linha

O posto de trabalho assinalado a verde na Figura 56 tem como função retirar as placas dos caixilhos. Depois das placas serem retiradas, o caixilho retorna e as placas são novamente testadas numa máquina (AOI face B) para garantir que estas foram correctamente soldadas.

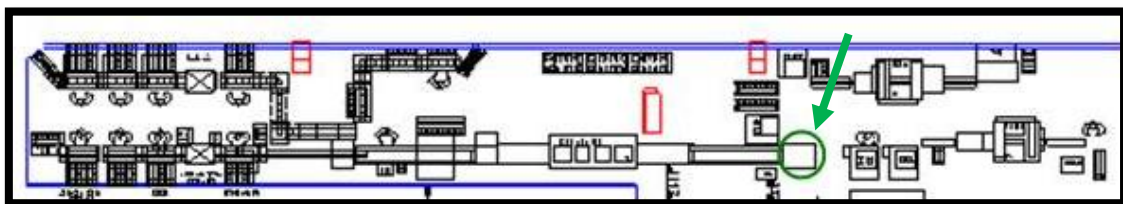


Figura 56 – Posto de trabalho no fim do *conveyor*

O seguinte processo é uma fresa que faz o contorno da placa. Quando um container de cada produto estiver completo pode ser enviado para as respectivas células de montagem final (Figura 57) que são 5.

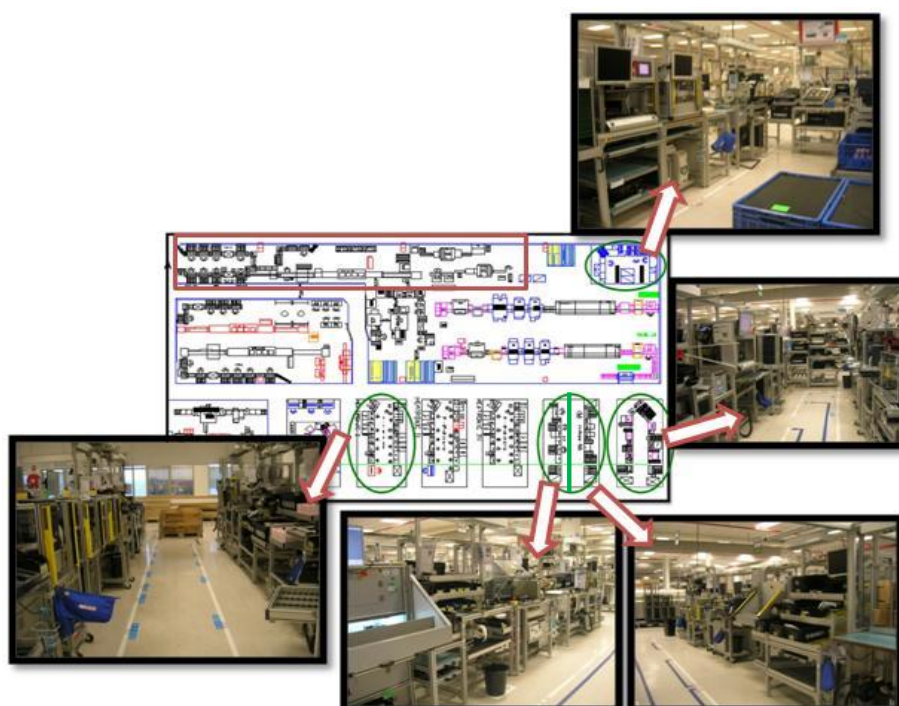


Figura 57 – Células de montagem final

Para a linha *Heatronic* não existem indicadores de desempenho individuais de que é exemplo a produtividade, OEE, número de defeitos, WIP entre outros, mas apenas para as células de montagem final descritas. Estes valores são generalizados para toda a secção e estão presentes na Tabela 5.

Tabela 5 – Indicadores de desempenho das células finais

	Semana 44	Semana 45
<b>OEE (%)</b>	91,6	101,8
<b>Produtividade (%)</b>	94,4	93,9

### 4.3 *Análise crítica e identificação de problemas*

Nesta secção é realizada uma análise crítica à linha de montagem manual necessária para a identificação de pontos críticos desta. Antes desta análise crítica realizou-se uma análise ABC para identificar qual o produto ou família de produtos mais produzido nesta linha, construindo o VSM para o produto ou família seleccionados. As análises feitas foram em relação à capacidade, à eficiência e ao *bottleneck* do sistema. Finalmente, são identificados através destas análises alguns problemas existentes e o tipo de desperdício associado.

#### 4.3.1 Análise ABC

A análise ABC ou Curva de Pareto ajuda as empresas a estabelecer prioridades em várias áreas tais como controlo de inventário, previsões e tempos. A classe A representa 10 a 20 % dos bens ou serviços que pode representar 70 a 80% das vendas. Os produtos C são aqueles que são produzidos em menor quantidade e por isso, menos representativos.

Neste sentido, foi elaborada a análise ABC dos produtos processados na montagem manual em relação à quantidade, visto que esta tem influência directa no fluxo de materiais e faz mais sentido para o estudo. Esta análise foi feita por família pois importa saber quais as montagens finais que têm maior importância em relação à quantidade produzida e por isso, não devem parar. Na Tabela 6 está presente o cálculo auxiliar para a análise, e na Figura 58 a curva ABC respectiva.

Tabela 6 – Tabela de apoio ao cálculo das classes ABC

Quantidade		Quantidade ordenada		%	%Ac.	% art.	%Art. Ac.	Classes	
Regler	800	Heatronic	1420	0,35	0,35	0,125	0,125	25%	A
Heatronic	1420	Regler	800	0,20	0,55	0,125	0,250		
IXM	139	RVC	635	0,16	0,71	0,125	0,375	25%	B
Nefit	200	Riboard	460	0,11	0,82	0,125	0,500		
Trim-mid	270	Trim-Mid	270	0,07	0,89	0,125	0,625	50%	C
Riboard	460	Nefit	200	0,05	0,94	0,125	0,750		
CAE	114	IXM	139	0,03	0,97	0,125	0,875		
RVC	635	CAE	114	0,03	1,00	0,125	1,000		
Total	4038								

Neste caso, a classe A representa 25% visto que 12,5% estava bastante abaixo dos 20% e estas duas famílias são as mais representativas.

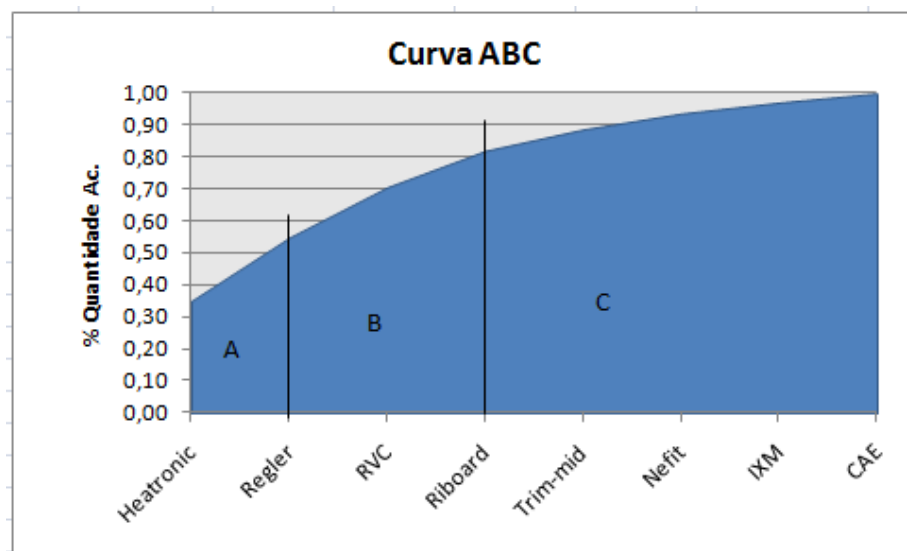


Figura 58 – Curva ABC relativa à quantidade

#### 4.3.2 Construção do Value Stream Mapping para a família Heatronic

Uma das formas de conhecer melhor os processos, o fluxo de informação e de materiais é fazer o Value Stream de um produto. Deste modo, e atendendo à análise ABC feita na secção anterior,

seleccionou-se um produto que geralmente é produzido todos os dias (produto A) – um *Heatronic* com a referência 902. Inicialmente, realizou-se o VSM geral deste mesmo produto (Anexo C), desde que a matéria-prima entra até que sai da empresa, contudo, após isso, focou-se apenas a parte da linha, pois era lá que o trabalho se centrava.

Na Figura 60 é possível visualizar o VSM no qual são contabilizados alguns problemas encontrados ao longo da elaboração deste. O tempo das actividades que acrescentam valor ao produto em relação ao *Lead Time* é de 0,24%, sendo portanto muito baixo. Existem processos que foram agregados para facilmente serem visualizados nesta ferramenta de que são exemplo o processo de montagem manual, o AOI e a solda.

Na Figura 59 está representada uma pequena explicação sobre os dados colocados nas caixas da imagem referente aos processos. Para além disso é esclarecida a forma de cálculo do *Lead Time* e do valor acrescentado, referente à parte inferior da Figura 60. O Tempo de Ciclo não deverá ser confundido com o valor acrescentado, visto que o Tempo de Ciclo é a cadência com que um produto feito e o valor acrescentado é a soma (se for o caso) dos tempos das operações.

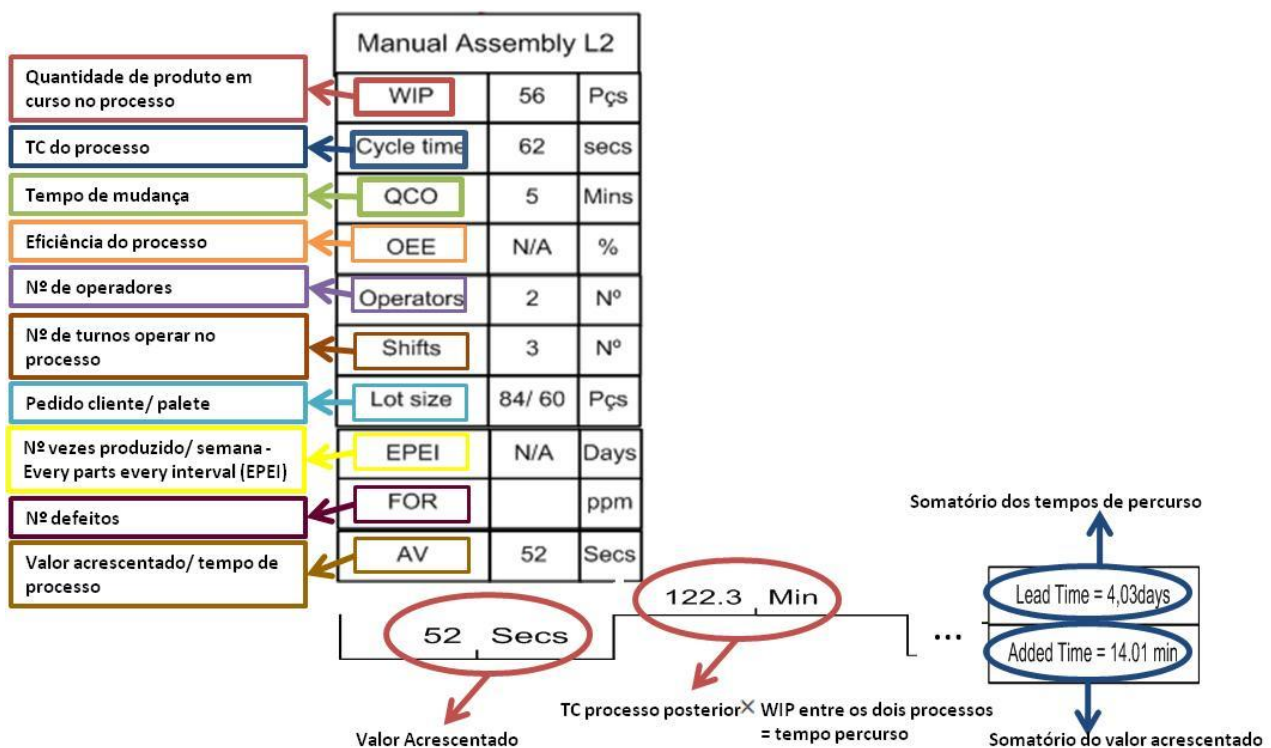


Figura 59 – Caixa de dados do VSM: Exemplo da montagem manual

# Value Stream Mapping 2010

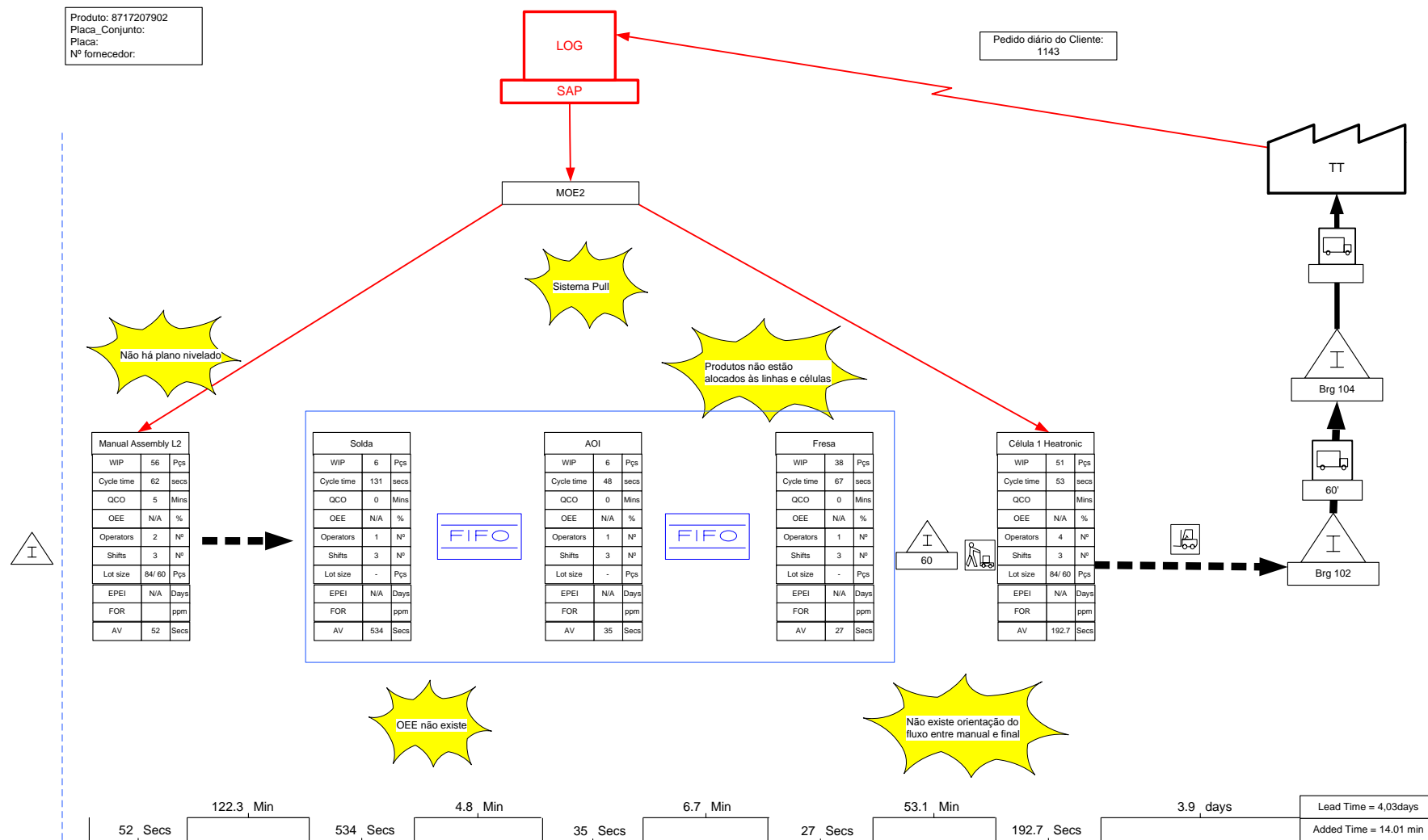


Figura 60 – VSM de um produto da linha Heatronic



### 4.3.3 *Gráfico de Análise de Processo*

Na Figura 61 apresenta-se um gráfico de análise de processo com todas as operações e controles presentes na linha. Este gráfico diz respeito ao mesmo produto para o qual foi realizado o VSM.

No VSM agregou-se alguns processos como é o caso do processo de montagem manual, da máquina de solda e do AOI, contudo no gráfico de análise de processo é possível ver detalhadamente as entradas de material e todos os tipos de processos pelos quais o produto passa. Com este gráfico verifica-se que a montagem manual é dividida em 4 montagens e que apenas neste processo há abastecimento através de 2 *Milkrun* (com frequência de ciclo de 20 minutos) de componentes e placas respectivamente. Existem 6 operações que acrescentam valor ao produto e 2 de controlo, que apesar de não acrescentarem valor têm que ser feitas obrigatoriamente para controlo de qualidade.

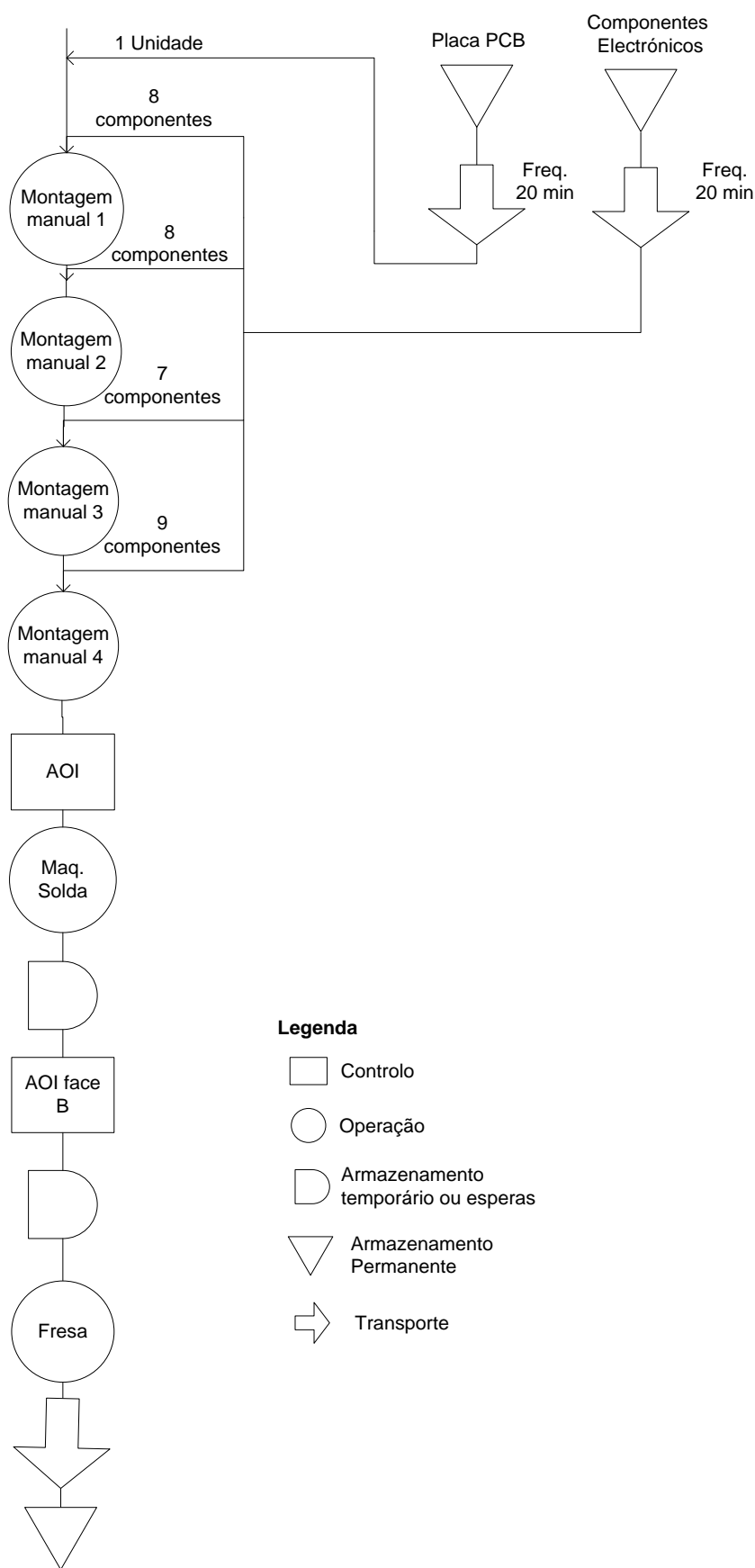


Figura 61 – Gráfico de análise de processo de um produto *Heatronic*



#### 4.3.4 *Análise da Capacidade*

Através da capacidade é possível saber se uma determinada quantidade pode ou não ser produzida no sistema produtivo em questão, se é necessário operar em mais que um turno ou se é necessário duplicar postos de trabalho. A análise foi feita devido às várias faltas de placas nas linhas de montagem final provenientes da montagem manual. Esta análise foi realizada durante as semanas 36, 38, 39, 44 e 45 de 2010 e os passos a seguir para este estudo foram os seguintes:

- 1) Recolha de todos os tipos de placas necessárias para produzir na montagem manual;
- 2) Conversão da quantidade da montagem final para a montagem manual;
- 3) Cálculo da quantidade total;
- 4) Cálculo do tempo disponível para produzir;
- 5) Cálculo do *Takt Time* do cliente;
- 6) Comparação com o Tempo de Ciclo real e conclusão.

Para o primeiro passo foi necessário recolher o plano de produção que o departamento de logística faz todas as semanas, tendo em conta o número de *Kanbans* necessários para cada referência em cada dia. O plano é feito para os produtos acabados (produção da montagem final), contudo, é por este plano que a montagem manual se orienta. Sendo assim, foi necessário recolher outros dados relativos às placas pois estas têm uma referência diferente da dos produtos acabados, procedendo assim ao 2º passo. Uma placa PCB que abastece a montagem manual pode ser dividida em duas ou mais NUTZEN<sup>2</sup> iguais (Figura 62), representando deste modo, uma duplicação da quantidade (no caso de duas NUTZEN) para a montagem final.

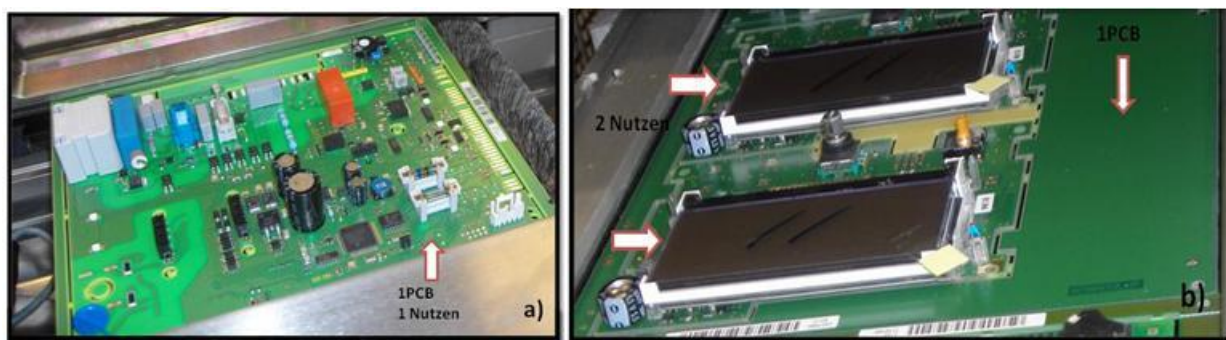


Figura 62 – Exemplo de uma placa: a) com 1 NUTZEN b) com 2 NUTZEN

Assim, se são necessárias 100 unidades na montagem final (correspondente a um PCB com 2 NUTZEN), a montagem manual só precisa de ser abastecida de 50 PCB porque cada uma possui duas (Tabela 7).

<sup>2</sup> Palavra Alemã que significa conjunto

Tabela 7 – Exemplo da relação PCB/ NUTZEN

Quantidade de placas pedida Produto acabado (Montagem Final)	Nº NUTZEN por PCB	Quantidade de PCB necessário na Montagem Manual
100	2	$100:2=50$
100	3	$100:3=25$

No terceiro passo calculou-se o número total de placas necessárias (de cada referência de produto) a produzir e o respectivo Tempo de Ciclo necessário à produção destas. Posteriormente, fez-se a comparação entre *Takt Time* e TC real. A folha de cálculo da semana 45 está presente no Anexo D (Tabela 30) e de seguida serão demonstrados os cálculos referentes ao quarto e quinto passos (equações 8 e 9).

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc}
 \text{1º e 2º turnos} & \text{Dias p/ semana} & \text{Tempo de trabalho do 3º turno (6ª feira)} \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 \text{Tempo total disponível (semanal)} = 457 \times 2 \times 5 + 372 \times 4 + 517 = 6575 \text{ min} & & \\
 \uparrow & \uparrow & \\
 \text{Tempo de trabalho por turno do 1º e 2º turnos} & \text{Tempo de trabalho do 3º turno} & 
 \end{array}
 \end{array}
 \quad (8)$$

Devido à semana 45 só se ter trabalhado 4 dias, apenas se considera o tempo de operação destes dias, sendo o tempo é 5144 minutos.

$$\text{Nº Placas PCB} = 16066$$

$$\text{Takt Time} = \frac{5144}{16066} = 0,32 \text{ min} = 19,21 \text{ seg} \quad (9)$$

Para calcular o Tempo de Ciclo teórico de forma a satisfazer o cliente é necessário contabilizar as perdas do processo, medidas pela empresa através do OEE que não é contabilizada nesta secção. Contudo, o TC teórico da linha é de 20,5 segundos por placa (dado pela máquina AOI), o que impossibilita o cumprimento do TT do cliente, não havendo portanto capacidade para o plano estabelecido ( $\text{TT} < \text{TC}$ ). Isto verificou-se para todas as semanas estudadas.

Para além disso, foram comparados os valores da quantidade real produzida e aquela que estava planeada. A conclusão foi que é produzido menos 16% da quantidade prevista. Na Tabela 8 encontram-se os valores das quantidades da semana 36.

Tabela 8 - Comparação entre a quantidade planeada e real

Quantidade de produção planeada	Quantidade de produção real
16963	14377

#### 4.3.5 *Análise e determinação do OEE da linha*

O cálculo do OEE é bastante importante visto que permite ter percepção da eficiência da linha. Nesta secção, o OEE determinado diz respeito à secção em geral, isto é, o conjunto de células de montagem final e manual. Contudo, isto não reflecte o OEE da linha de montagem manual em questão visto que apenas é calculado com valores obtidos das montagens finais.

Deste modo, procedeu-se ao cálculo estimado do parâmetro disponibilidade do OEE, ou seja, a partir do tempo disponível para produzir (abordado na secção anterior), a quantidade produzida e o TC. Este cálculo foi feito para a semana 44 e 45 de 2010. Seguidamente, apresentam-se os cálculos efectuados nas equações 10 e 11. Apenas se considerou o parâmetro disponibilidade devido à dificuldade na obtenção dos dados necessários ao seu cálculo.

$$\text{N}^{\circ} \text{ placas} = 12061$$

$$\text{Tempo de Produção (Net Production Time)} = \frac{12061 \times 20,5}{60} = 4120 \text{ min (10)}$$

$$\text{OEE} = \frac{4120}{5144} \times 100 = 80\% \text{ (11)}$$

Para melhor visualização, na Figura 63 apresenta-se o gráfico que representa o tempo para produção e o tempo total disponível para tal. Assim, é possível verificar que o tempo de produção real está bastante distante do tempo de produção planeado, o que corresponde a perdas de 20%. Esta percentagem de perdas poderia colmatar os 16% de não cumprimento do plano explicado na secção 4.3.4. Este gráfico está de acordo com os procedimentos da empresa no que diz respeito ao cálculo da capacidade (Anexo E).

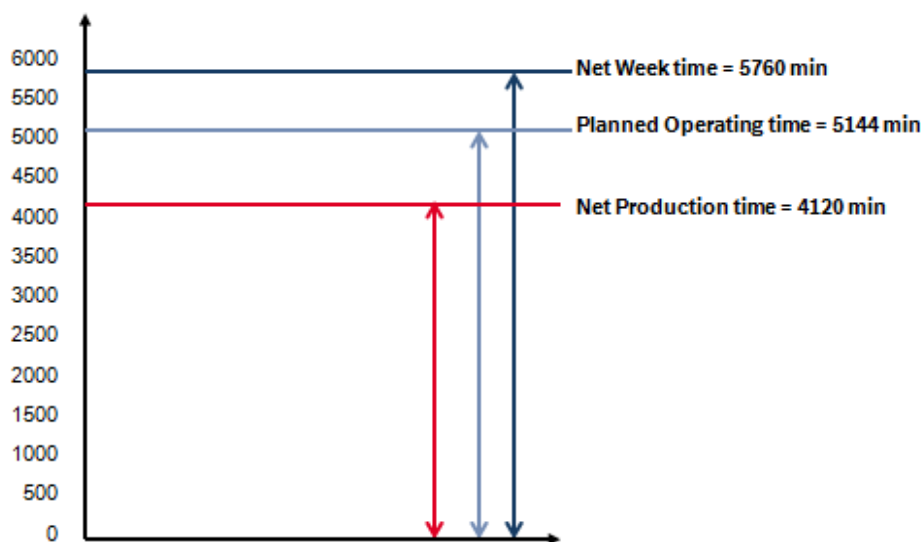


Figura 63 - Gráfico da análise da capacidade e parâmetro disponibilidade do OEE

Existe claramente falta de capacidade, demonstrado na secção 4.3.4 contudo, existe perdas na ordem dos 20% que caso fossem resolvidas poderiam colmatar a falta de capacidade.

#### 4.3.6 Paragem da montagem manual

O braço referente à família *Heatronic* pára algumas vezes visto que o *conveyor* fica cheio de produtos (placas). Chegou-se a esta conclusão através de um estudo durante duas semanas que consistiu na colocação de uma folha junto da primeira colaboradora da linha, na qual esta apontava a razão da paragem, com o procedimento do Anexo F. Através dos resultados diários conclui-se que a linha cheia corresponde a cerca de 76% das paragens, o que em média significa cerca de 30 minutos por turno. O diagrama causa-efeito da figura 59 sintetiza as causas que conduzem à paragem na montagem manual.

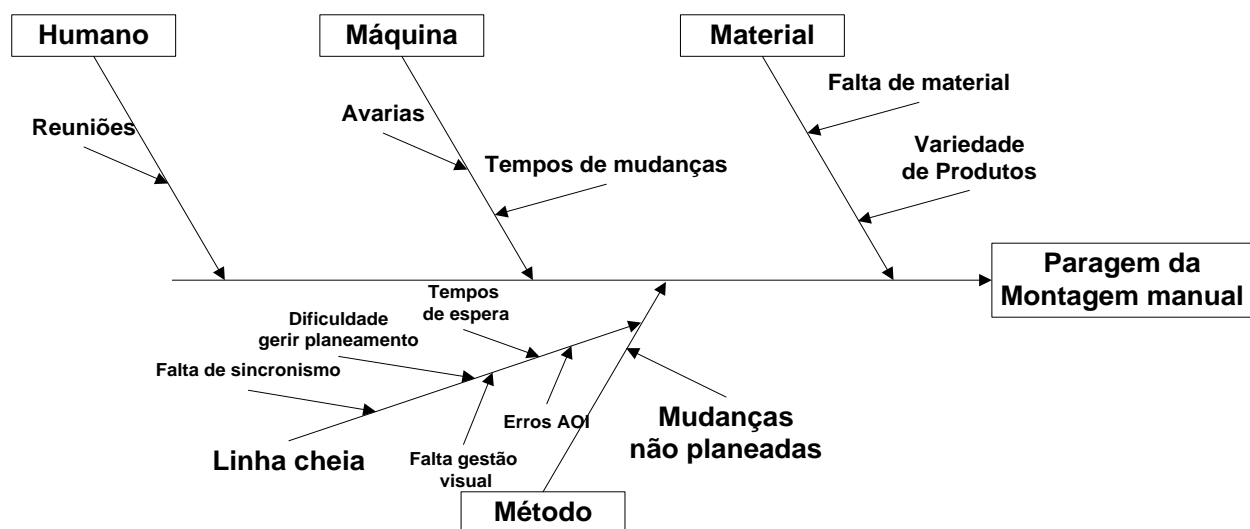


Figura 64 – Diagrama causa-efeito para as paragens do *conveyor* na montagem manual

Não existe *standard* para produção de produtos. A ordem de produção é dada com ordem do chefe de linha e podem ser feitas várias famílias por uma única pessoa, fazendo alternadamente dois ou três postos de trabalho no que diz respeito ao braço onde existe maior variedade de produtos. O facto de alternar família de produtos cria uma entropia com o posto de trabalho seguinte como se poderá constatar seguidamente.

#### 4.3.7 Análise do Posto de Trabalho Crítico

Para fazer a ligação sincronizada entre a linha de montagem manual as células de montagem final é essencial ter processos estáveis e tentar minimizar as flutuações do processo *bottleneck*. Verificou-se que o *bottleneck* era o posto de trabalho que colocava placas nos caixilhos pois limitava a capacidade da linha, contribuindo para o valor baixo do parâmetro disponibilidade do OEE e visualmente podia ver-se o stock a acumular-se junto dele (Figura 65).

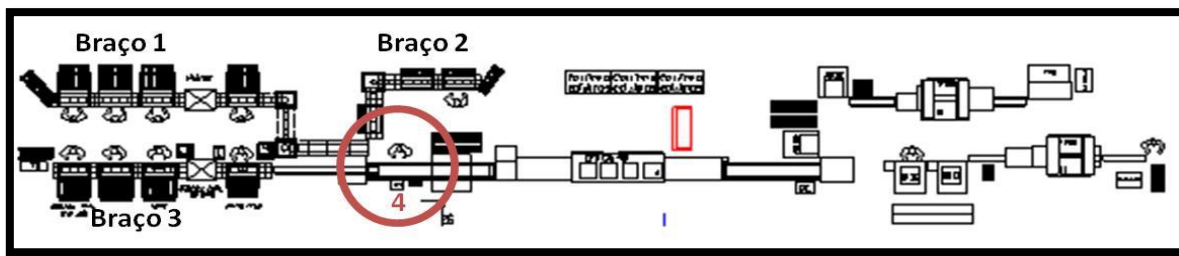


Figura 65 - Posto de trabalho crítico

Neste sentido, enumeraram-se alguns problemas associados a este posto de trabalho presentes nas secções seguintes.

#### 4.3.7.1 *Falta de sistemática na colocação de placas*

Actualmente, não existe uniformidade no sistema no que diz respeito ao lançamento de ordens de produção, isto é, não existe uma sistemática para o lançamento dos *Kanbans* e para colocação de placas no *conveyor*. A linha tem que abastecer a montagem final e se esta está em risco de parar por falta de produtos da montagem manual, então, a montagem manual produz, assim que possível, o produto em falta. Este procedimento pode (a maioria das vezes) implicar que a produção do momento pare de forma a colmatar a falta do dito material. A mudança de um produto para outro afecta o posto de trabalho que coloca as placas nos caixilhos como se descreveu na secção 4.2.2, podendo durar cerca de 10 minutos o tempo de mudança. Produtos diferentes correspondem a caixilhos diferentes e por isso, têm que ser retirados todos os caixilhos que não correspondem ao produto afectando o equilíbrio e estabilidade do sistema. Isto é um indício de que existe um grave problema de abastecimento, de lançamento de ordens de produção e de mudanças. Outro problema diz respeito ao facto da colaboradora ter que colocar e retirar os caixilhos do *conveyor* quando estes não correspondem ao produto vindo da montagem manual (Figura 66). Se houvesse uma sequência de caixilhos sincronizada com a sequência de produtos da montagem manual eliminava-se estas perdas.

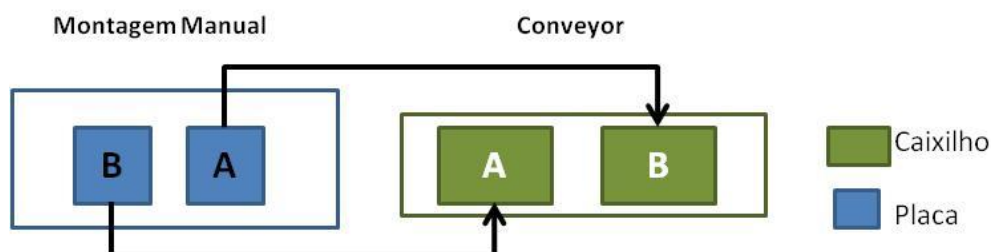


Figura 66 – Exemplo da não correspondência entre o caixilho do *conveyor* e a placa proveniente da montagem manual

Sem a resolução deste problema, a linha de montagem final irá ter sempre problemas de abastecimento e o sistema tem constantemente falta de estabilidade. Após uma análise (durante uma semana) do posto de trabalho onde são colocadas as placas foi possível verificar que estão sempre a

ocorrer desvios e que por isso não é possível obter um TC consistente (Figura 67). Os desvios são acontecimentos não planeados que ocorrem no sistema e que alteram a estabilidade deste. Estes desvios ocorrem principalmente devido a mudanças e trocas de caixilhos desnecessários, havendo desvios entre os 22 e os 283 segundos. Numa situação ideal, estes não deveriam de existir de forma a ter um Tempo de Ciclo estável. O gráfico sem desvios foi obtido a partir de todas as medições para nas quais não se verificou anomalias.

Neste estudo foi possível contabilizar as mudanças de caixilhos não programadas que representam cerca de 21% das medições feitas neste posto de trabalho. Estas mudanças imprevistas devem-se ao facto de não haver uma sistemática no lançamento da produção e à falta de *standards*.

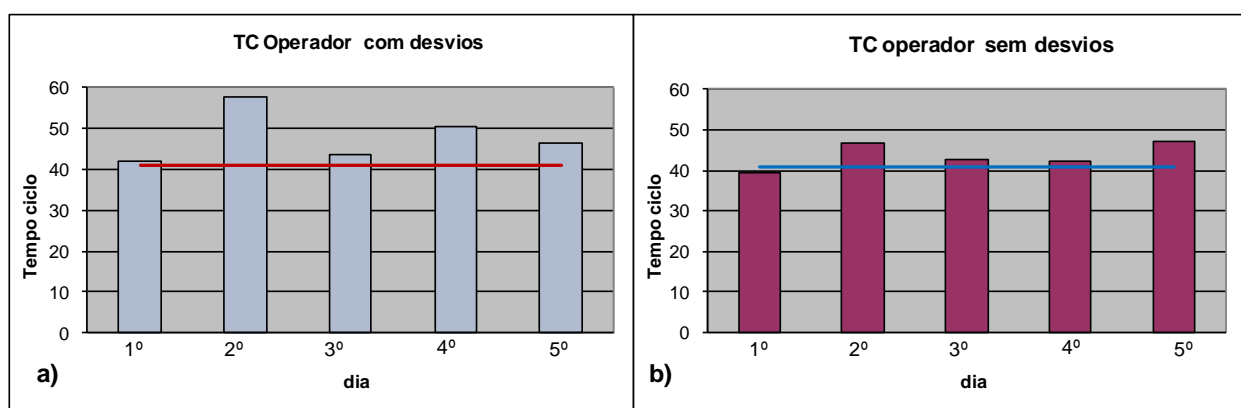


Figura 67 – Tempo de Ciclo registado no posto de trabalho que coloca placas nos caixilhos: a) com desvios b) sem desvios

No Anexo G é possível ver detalhadamente os tempos obtidos e a razão dos desvios num gráfico de análise do TC utilizado pela empresa.

#### 4.3.7.2 Falta de Standards e gestão visual

O posto de trabalho em questão não tem um procedimento para a mudança, executando da forma que considera mais correcta. Isto é, não existe uma normalização do trabalho, sendo difícil ter uma estabilidade nos tempos de mudança visto que são sempre diferentes. A falta de *standards* não é só para o processo de mudança em si, mas em sim, ao facto da colaboradora saber quando irá mudar.

Quando muda os caixilhos deve coloca-los no respectivo carrinho contudo, estes não têm nada que os associe ao carrinho, estando constantemente desarrumados. Esta situação leva a que a colaboradora perca tempo na procura dos caixilhos que realmente deseja.

#### 4.3.7.3 Peças defeituosas

Para além das razões apontadas, existe também a questão dos caixilhos que têm de ser retirados do AOI quando este rejeita os produtos. Esta máquina tem a grande vantagem de detectar erros ao nível de peças defeituosas, contudo, é um factor que destabiliza o sistema, visto que cada vez que há



um erro, a colaboradora tem que retirar o caixilho. Este acontecimento faz com que se perca 4 placas, isto é, as duas que deram erro e têm que ser retiradas e as que a operadora deixa de colocar no caixilho porque tem que retirar as que deram erro. O computador que dá o alerta de que algo não está bem, está relativamente longe do posto de trabalho (Figura 68), fazendo com que a operadora tenha que se deslocar para este sempre que existe uma anomalia.

Durante uma semana foi colocada uma folha no posto de trabalho (Anexo I), onde a colaboradora apontava todas as vezes que retirava um caixilho de forma a ter uma perspectiva de quantas vezes isto acontece. O estudo desta semana permitiu concluir que em média, a colaboradora retira 16 caixilhos por turno, o que significa uma perda de 64 placas. A perda desta quantidade de placas faz com que o TC desejado de 41 segundos por caixilhos seja alterado.

Quando ocorre algum problema com o AOI, a colaboradora tem que chamar o chefe de linha ou a colaboradora “versátil” que por sua vez deverá chamar a pessoa responsável pela manutenção.

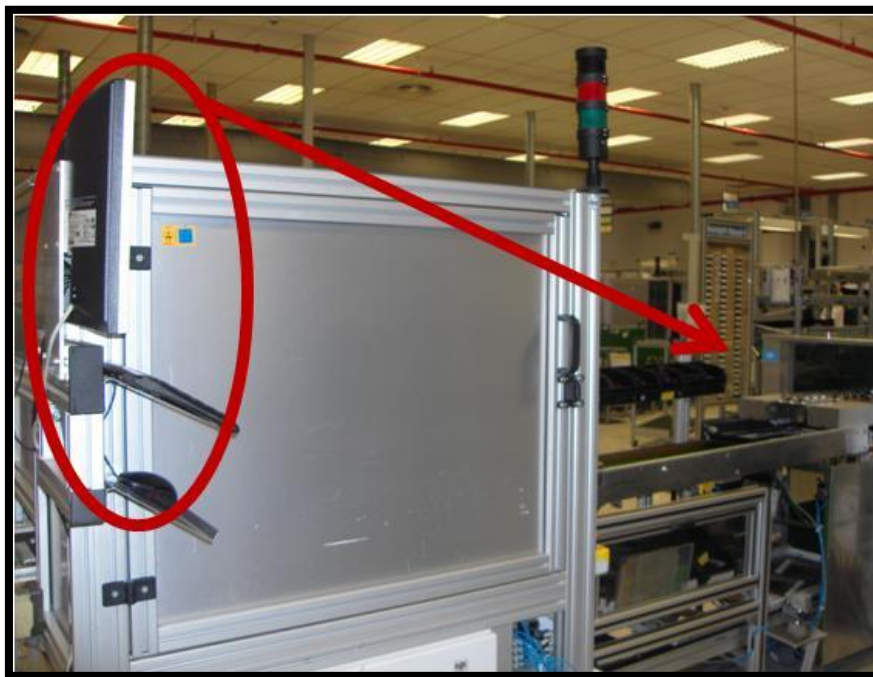


Figura 68 – Computador longe do posto de trabalho

#### 4.3.7.4 *Estudo ergonómico do posto*

Outro estudo realizado foi em relação ao peso dos caixilhos visto que estes pesam cerca de 3 kg e durante um turno, a colaboradora eleva e transporta (um espaço de 3 metros) cerca de 60 vezes um caixilho (Figura 69). O posto de trabalho tem níveis muito baixos de rotatividade de postos, sendo portanto sempre a mesma colaboradora a realizar a tarefa. Esta actividade tem impacto a nível ergonómico, podendo provocar lesões músculo-esqueléticas, nomeadamente riscos para a coluna vertebral através de rotura e degenerescência dos discos intervertebrais (Parsons, 2000). Para tal, o

estudo que se fez foi da biomecânica ocupacional com o método de NIOSH. A equação NIOSH 91 define os critérios biomecânicos, fisiológicos e psico-físicos para a determinação dos pesos máximos e aceitáveis para tarefas de levantamento ocasionais. No Anexo H está presente uma pequena explicação da forma de cálculo deste método que se baseia no cálculo do peso limite recomendado (PLR) e verificar se existe risco através do índice de elevação (IE).

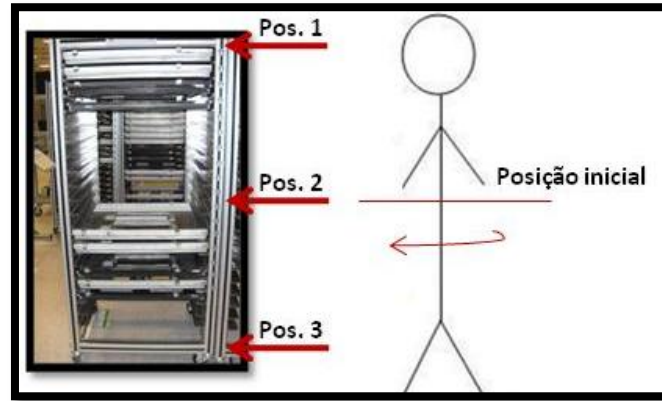


Figura 69 – Esquema representativo dos locais de elevação

Na Tabela 9 estão presentes os cálculos da equação de NIOSH 91 (análise *Multi-task*) para três posições de referência onde a colaboradora pode colocar os caixilhos. A posição 1 é a mais alta, a 2 é a posição média e a 3 a mais baixa.

Tabela 9 – Dados necessários ao cálculo do índice de elevação composto (IEC)

	Posição 1	Posição 2	Posição 3
<b>L (cm)</b>	43	43	43
<b>Vi (cm)</b>	90	90	90
<b>Vf (cm)</b>	143	83	20
<b>D</b>	53	7	70
<b>A (º)</b>	90	90	90
<b>F (elevações/min)</b>	0,2	0,2	0,2
<b>Peso (kg)</b>	3	3	3
<b>H</b>	46,5	46,5	46,5
<b>MH</b>	0,54	0,54	0,54
<b>V</b>	90	90	90
<b>MA</b>	0,712	0,712	0,712
<b>MV</b>	0,955	0,955	0,955
<b>MD</b>	0,90	1,46	0,88
<b>MP</b>	1	1	1
<b>MF</b>	0,85	0,85	0,85
<b>PLR TS</b>	6,47	1,36	0,82
<b>PLR IF</b>	7,61	12,30	7,44
<b>IE TS</b>	0,46	2,20	3,64
<b>IE IF</b>	0,39	0,24	0,40

IEC = 3,73



Visto que o IEC está acima de 3, existe risco de lesão para número considerável de colaboradoras, sendo necessária alteração urgente. Assim, recomenda-se que seja feita rotatividade do posto de trabalho uma vez que são sempre as mesmas colaboradoras alocadas a este mas principalmente modificação deste sistema de mudanças de caixilhos.

#### 4.3.7.5 *Perda de calçadores*

Os calçadores cuja função é garantir que os componentes não se desloquem (explicada na secção 4.2.2) perdem-se com a oscilação do *conveyor* fazendo com que a colaboradora tenha que procurar outros, perdendo tempo. Sempre que estes se danificam é necessário fazer outros, tendo custos para a empresa. Estas peças perdem-se com alguma frequência, isto é, cerca de 10 por mês, o que equivale a um valor de 200€.

#### 4.3.8 *Stock elevado no fim da linha*

Actualmente, o *stock* existente no final da linha de montagem manual não é controlado e está a ocupar cerca de 9,86 m<sup>2</sup>, sendo que este espaço corresponde a 216 *containers*. Para além disso não é garantido o FIFO e existem *containers* incompletos. Este *stock* não está bem identificado porque os *containers* estão mal sinalizados e colocados no local errado (Figura 70) havendo dificuldade em encontrar o material desejado.

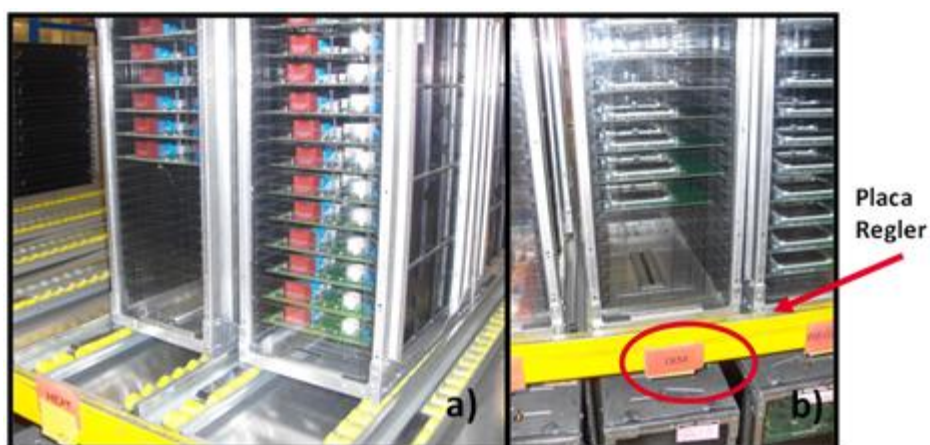


Figura 70 – a) Container incompleto b) Container do produto Reger no local do IXM

Uma das causas para a existência de elevadas quantidades *stock*, especialmente para o *Trim-Mid* é o desfasamento de produção entre turnos, neste caso, a montagem manual deste produto é feita no 3º turno para ser consumido no 2º turno do dia seguinte. Se os dois processos estivessem sincronizados não seria necessário este espaço ocupado. O mesmo acontece para outras famílias de produto como é possível verificar na Tabela 10.

**Tabela 10 – Desfasamento entre turnos na montagem manual e final**

	Montagem Manual	Montagem Final
Nefit	1º	1º
	2º	2º
	3º	3º
IMX	1º	1º
	2º	2º
	3º	3º
Trim-Mid	1º	1º
	2º	2º
	3º	3º
RVC	1º	1º
	2º	2º
	3º	3º

#### 4.3.9 Longas distâncias entre a montagem manual e final

Os fluxos de materiais entre a linha de montagem manual e final são distintos devido à diversidade de famílias de produto existentes. Como é possível visualizar na Figura 47 da secção 4.2, as células de montagem finais estão distanciadas da linha de montagem manual, obrigando por isso, a que seja necessário percorrer uma distância de cerca de 40 metros cada vez que há abastecimento. Para além das distâncias serem longas, não existe um *standard* para as rotas, isto é, o colaborador é quem decide o percurso que percorre, não sendo realizado sempre da mesma forma.

Por um lado, estas deveriam ser mais próximas de modo a facilitar a implementação de lógicas de FIFO entre os dois processos. Por outro lado, seria possível reduzir tempo de abastecimento e aumentar a frequência deste.

#### 4.3.10 Síntese dos Problemas Encontrados

Após a observação e análise da linha e realizadas as análises das secções anteriores, encontraram-se vários problemas que foram descritos nas secções anteriores e são aqui sintetizados na Tabela 11, identificando a parte da linha onde se situa o problema, a linha ou célula afectada e tipo de muda que o problema acarreta.

**Tabela 11 – Síntese dos problemas encontrados**

<b>Problemas</b>	<b>Área afectada pelo o problema</b>	<b>Linha/célula afectada</b>	<b>Tipo de Mudanças</b>
Não cumprimento do plano (cerca de 16% a menos da produção prevista)	Linha <i>Heatronic</i> e Células de Montagem final	Células de Montagem final	-
Parâmetro disponibilidade do OEE baixo 80% (20% de perdas por ineficiência)	<i>Conveyor</i>	Linha <i>Heatronic</i>	-
Falta de material na montagem final	Células de montagem final	Células de montagem final	Tempos de espera
Elevado WIP nos braços das manuais.	Montagem Manual	Linha <i>Heatronic</i>	Excesso de <i>stock</i>
Não existe sistemática na colocação das placas	<i>Conveyor</i>	Linha <i>Heatronic</i>	Tempos de espera
Falta de <i>standards</i> para postos de trabalho	<i>Conveyor</i> Fim da Linha	Linha <i>Heatronic</i>	Processamento inadequado Defeitos
Carrinhos sem identificação	<i>Conveyor</i>	Linha <i>Heatronic</i>	Movimentos desnecessários
Elevado tempo de mudança	<i>Conveyor</i>	Linha <i>Heatronic</i>	Tempos de espera
Quando AOI avaria é chamada uma pessoa	<i>Conveyor</i>	Linha <i>Heatronic</i>	Movimentos desnecessários
Computador (AOI) longe da colaboradora	Linha <i>Heatronic</i>	Linha <i>Heatronic</i>	Movimentos desnecessários Tempos de espera
Os calcadores perdem-se	<i>Conveyor</i>	Linha <i>Heatronic</i>	Tempos de espera
<i>Stock</i> no final da linha	Fim da Linha	Entre Linha <i>Heatronic</i> e Células de Montagem final	Excesso de <i>stock</i> Movimentos desnecessários
Desfasamento ente turnos da montagem manual e final	Linha <i>Heatronic</i> e Células de Montagem final	Linha <i>Heatronic</i> e Células de Montagem final	Excesso de <i>stock</i> Sobreprodução
Longas distâncias entre a montagem manual e final	Linha <i>Heatronic</i> e Células de Montagem final	Linha <i>Heatronic</i> e Células de Montagem final	Transporte Movimentos desnecessários



## 5 APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Este capítulo serve para apresentar vai apresentar alguns procedimentos e decisões tomadas para alcançar os objectivos definidos. Inicialmente, é apresentada a Tabela 12 resumo e ao longo do capítulo são aprofundadas todas as propostas.

Tabela 12 – Propostas de melhoria

Problema	Apresentado na secção	Proposta	Apresentada na secção	Técnica
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plano não é cumprido</li> <li>- <i>Stock</i> no final da linha com <i>containers</i> incompletos e mal colocados fisicamente.</li> <li>- Falta de material nas células de montagem final.</li> </ul>	4.3.8	Definição da FIFO <i>Lane</i> .	5.2	FIFO <i>Lane</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevado tempo de mudança na colocação de placas nos caixilhos, levando a um desequilíbrio do sistema produtivo e do abastecimento da montagem final.</li> <li>- Não existe sistemática na colocação das placas dos braços das três manuais e o <i>conveyor</i>. WIP nos braços das manuais.</li> <li>- Falta de <i>Standards</i> em alguns postos de trabalho.</li> <li>- Parâmetro disponibilidade do OEE baixo.</li> <li>- Plano não é cumprido</li> </ul>	4.3.6	Caixilhos todos iguais a circular no <i>conveyor</i> . Colocação de frames nas montagens manuais. Assim, deixaria de haver mudanças de caixilhos.	5.1	
	4.3.7.1 4.3.7.2	Determinar uma sequência de produção que minimize o tempo de mudanças, rentabilize a utilização da máquina de solda e forneça o <i>output</i> desejado.		Normalização e sistemática
Carrinhos mal identificados que não facilitam a mudança.	4.3.7.2	Colocar no mesmo carrinho os diferentes caixilhos que são trocados, isto é, produtos que saem do mesmo braço no mesmo carrinho para facilitar a mudança. Para além disso, identificar todos os carrinhos (5S).	5.1.7	5S e Gestão visual
		Identificar os caixilhos com cores ou números.		
Quando AOI avaria é chamada uma pessoa que avisa a manutenção.	4.3.7.3	Colocar botão (sistema <i>Andon</i> ) para chamar directamente a manutenção.,	5.4	Sistema <i>Andon</i>

## APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

		reduzindo movimentações desnecessárias.		
Calcadores saltam e perdem-se com a oscilação do <i>conveyor</i> .	4.3.7.5	Colocar separador no caixilho para armazenar calcadores.	5.4	Normalização
Desfasamento ente turnos da montagem manual e final	4.3.8	Produção da montagem manual e montagem final no mesmo turno	5.4	
Longas distâncias entre a montagem manual e final	4.3.9	Alteração de <i>Layout</i> que minimize deslocação e menos fluxos.	5.3	<i>Layout</i>

O passo seguinte foi elaborar um VSD com algumas melhorias no processo (Figura 71), no qual é visualizado o resultado que se pretende alcançar. Este Value Stream foi elaborado tendo em atenção as propostas apresentadas na Tabela 12. O rácio do *Lead Time* e das tarefas de valor acrescentado para este produto não teve um aumento significativo (para 0,25%), mas o processo fica mais estável. Apesar de 0,25% parecer relativamente pouco, o ganho de 3% no *Lead Time* representa 2 horas, isto é, a produção de 120 unidades, cerca de 30% da produção de um turno.

# Value Stream Design 2010

Bosch  
Production System

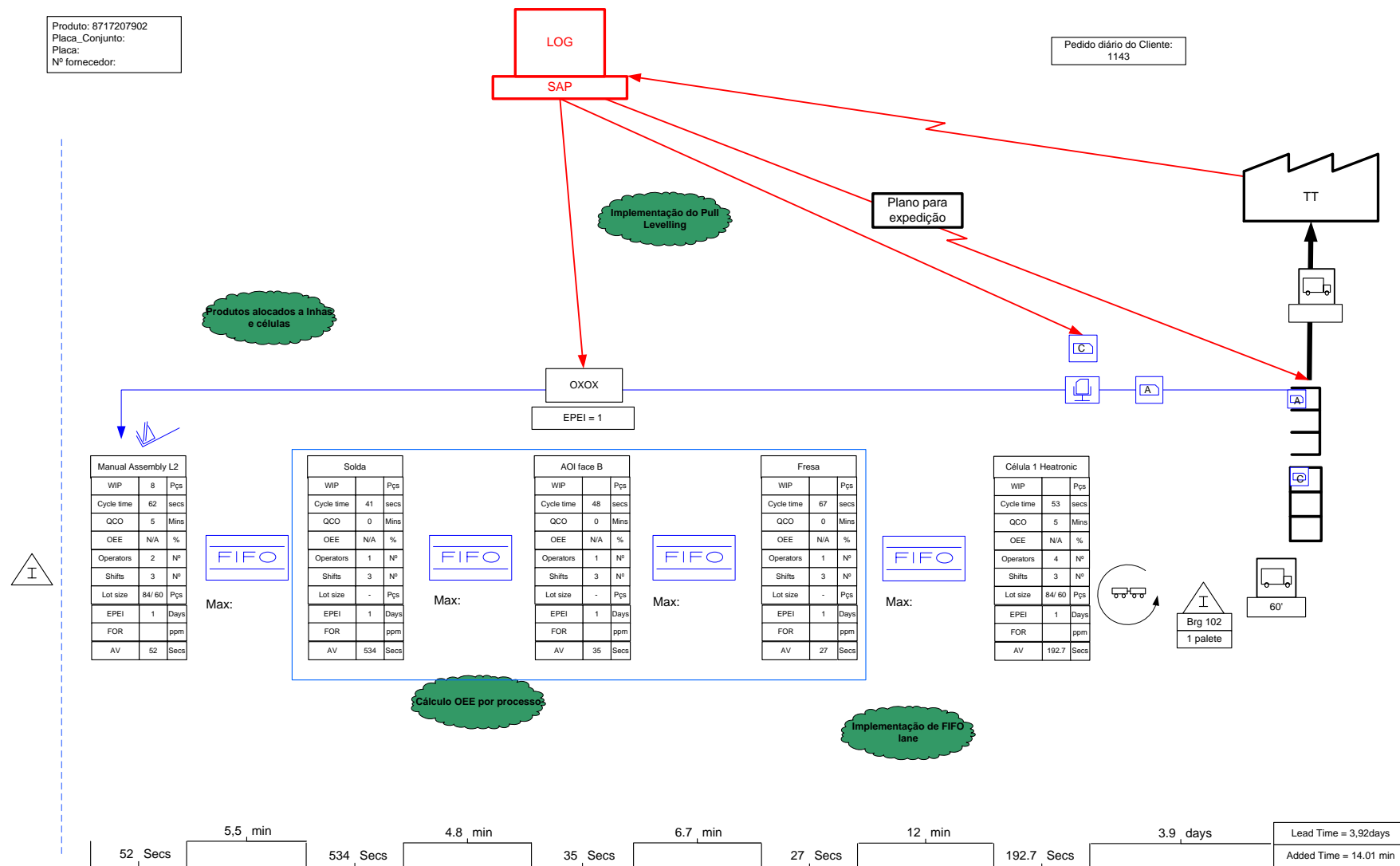


Figura 71 – VSD de um produto Heatronic

### 5.1 Determinação da Sequência de Caixilhos

Em relação à questão dos caixilhos, foram apresentadas duas propostas de soluções: 1) relacionada com a alteração das frames e 2) relacionada com a sequência de caixilhos.

A primeira solução diz respeito à construção de frames para que deixem de ser necessários caixilhos com geometria/ forma diferente (Figura 72). Esta proposta implicaria mudanças em relação à disposição do *Layout* intercelular da montagem manual. Os 3 *conveyors* dos braços das manuais teriam que ser alargados para a frame estar ajustada aumentando o espaço. Para além disso, seria necessário um investimento em frames para cada produto e a inutilização dos caixilhos existentes. Devido a estas razões, a proposta foi abandonada e optou-se pela alternativa apresentada.

Uma outra vantagem seria a eliminação do risco de lesões deste posto de trabalho, abordadas na 4.3.7.4.

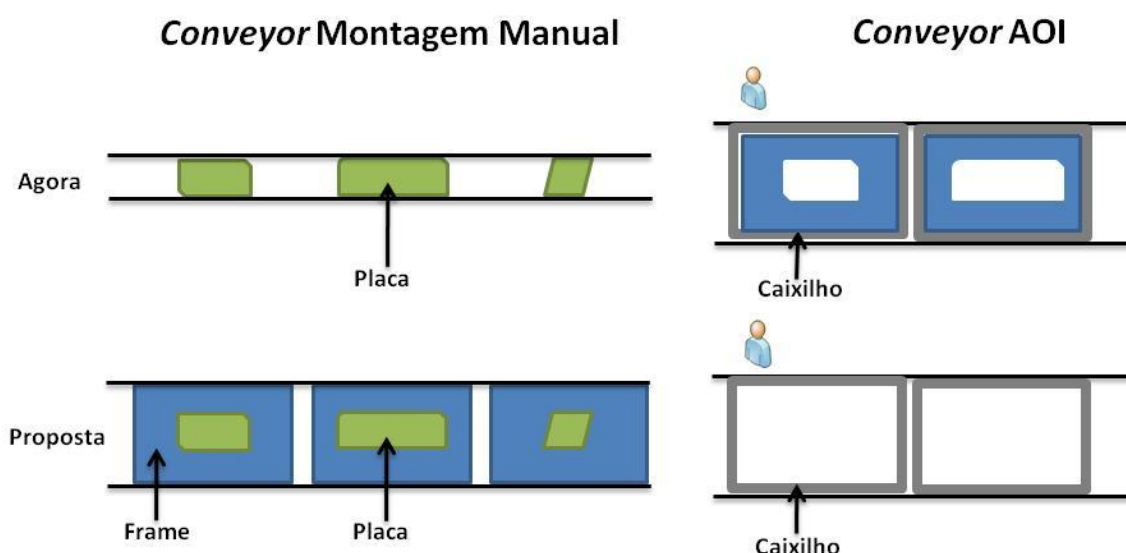


Figura 72 – Exemplo da proposta de frames

A segunda solução proposta foi construir uma sequência de caixilhos que permitisse ter a maior estabilidade possível no processo de forma a que a sequência de produção coincidisse com a sequência de caixilhos a circular no *conveyor*. A sequência de produção tem em conta o nivelamento efectuado conforme os requisitos do cliente.

A determinação da sequência de caixilhos envolveu um procedimento com 5 passos: 1) calcular o número total de caixilhos necessários no *conveyor*, 2) converter as quantidades necessárias na montagem manual a partir da montagem final, 3) calcular o Tempo de Ciclo, 4) definir o número de caixilhos de cada família de produtos e 5) criar as sequências de caixilhos para os vários turnos de trabalho.



A sincronização da produção aliada a uma sistemática é algo bastante importante e crucial neste trabalho. A partir disto é possível ter um *output* estável que permita a produção da montagem final e a eliminação dos 21% de mudanças de caixilhos inesperadas.

### 5.1.1 Número de caixilhos

Inicialmente foi calculado o número de caixilhos necessários para circular no *conveyor* para que os postos de trabalho do início e fim deste estejam sempre ocupados e não haja falta de produtos. Na Figura 73 está demonstrado um esquema que facilita a compreensão do espaço e movimentos entre os postos de colocar e retirar caixilhos.

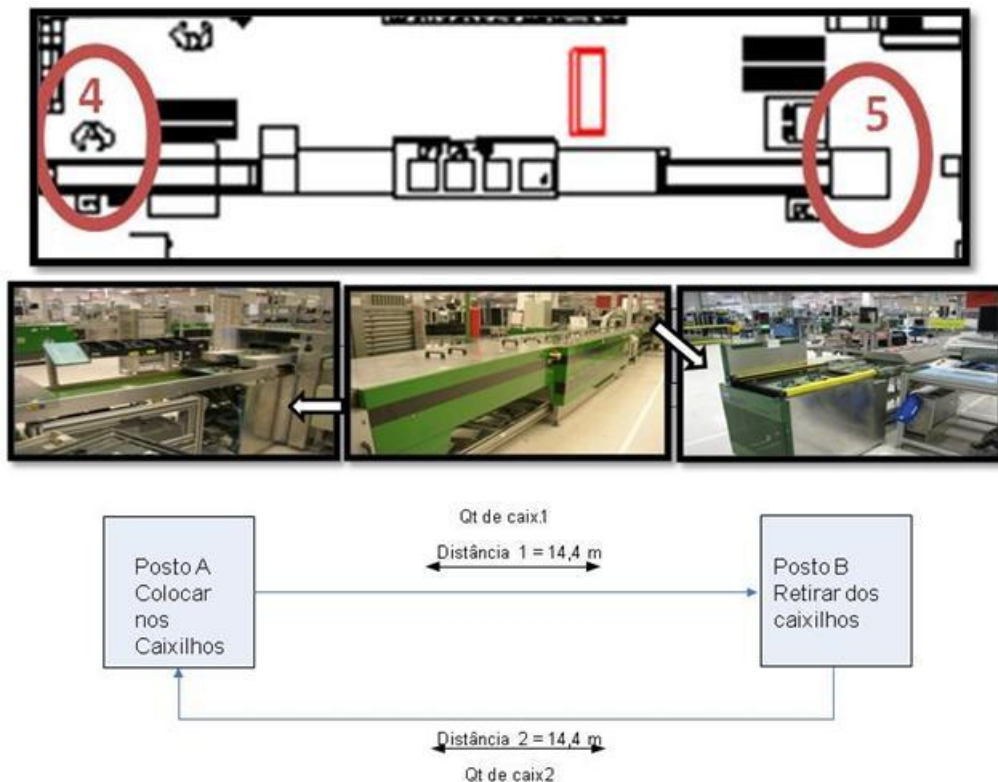


Figura 73 – Esquema representativo dos postos de trabalho e do conveyor

O cálculo do tempo de percurso varia com a distância entre postos, a velocidade média dos *conveyor* e o nº de postos de trabalho a serem ocupados. Nas equações 12 e 13 está descrita a forma de cálculo do nº de caixilhos que depende do tempo de percurso e TC e na Tabela 13 estão presentes os resultados.

$$\text{Tempo Percurso} = \frac{\text{Distância entre postos}}{\text{Velocidade}} \quad (12)$$

$$\text{Nº Caixilhos} = \left( \frac{\text{T.Percurso}}{\text{T.Ciclo}} \right) + \text{nº postos} \quad (13)$$

## APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

**Tabela 13 – Tabela de apoio ao cálculo do nº de caixilhos**

	<b>Distância (m)</b>	<b>Velocidade (m/min)</b>	<b>PT</b>	<b>TC (min)</b>	<b>Nº Caixilhos</b>	
Ida	14,4	1,3	2	0,683	18,21	19
Volta	14,4	3,6	N/A	0,683	5,85	6

O número de caixilho para circular no *conveyor* serão 19, visto que é o número que garante que não haverá falta de caixilhos de forma a que a máquina não pare.

### 5.1.2 Conversão da quantidade de placas da Montagem Final para a da Manual

Algumas das premissas para a concretização e funcionamento de uma sequência que garanta uma sistemática de produção são o nivelamento da produção, a resolução de problemas relativamente à falta de material e o número de operários nos 3 braços da montagem manual que garanta o TC desejado. O plano de produção nivelado no qual este estudo incidiu foi o da data de 30-11-2010 definido pelo departamento MOE 23 presente nas Tabela 14, Tabela 15 e Tabela 16. Contudo, mais tarde foi testado para o plano de Fevereiro e Março elaborado pelo departamento de logística. Como o plano é feito para o produto acabado, foi necessário converter para placas produzidas na montagem manual como já foi explicado. Assim, tem-se o exemplo da família *Regler* da qual são necessários 400 produtos, contudo cada placa PCB possui dois NUTZEN, por isso, num caixilho são transportadas 4 placas e deste modo, apenas são necessários que passem pelo *conveyor* 100 caixilhos deste tipo para fornecer a montagem final.

**Tabela 14 – Plano de produção para o 1º turno**

<b>1º Turno</b>					
<b>Família</b>	<b>Nº Placas</b>	<b>Nº Placas p/ NUTZEN</b>	<b>Nº Placas p/Caixilhos</b>	<b>Caixilhos Necessários</b>	<b>Nº Container</b>
<i>Regler</i>	400	2	4	100	17
<i>Heatronic</i>	505	1	2	253	42
<i>CAE</i>	114	2	4	29	5
<i>Nefit</i>	100	2	4	25	4
<i>KME/Riboard</i>	380	1	2	190	32
<i>RVC</i>	635	9	18	35	6

Tabela 15 – Plano de produção para o 2º turno

2º Turno					
Família	Nº Placas	Nº Placas p/ NUTZEN	Nº Placas p/Caixas	Caixilhos Necessários	Nº Container
<i>Regler</i>	400	2	4	100	17
<i>Heatronic</i>	505	1	2	253	42
<i>IXM</i>	139	2	4	35	6
<i>Nefit</i>	100	2	4	25	4
<i>KME/Riboard</i>	380	1	2	190	32

Tabela 16 - Plano de produção para o 3º turno

3º Turno					
Família	Nº Placas	Nº Placas p/ NUTZEN	Nº Placas p/Caixas	Caixilhos Necessários	Nº Container
<i>Trim-Mid</i>	270	1	2	135	23
<i>Heatronic</i>	410	1	2	205	34

Após a obtenção destes dados, é então possível saber as quantidades necessárias na montagem manual de forma a responder aos pedidos da montagem final.

### 5.1.3 Tempo de Ciclo dos postos de trabalho

Relativamente ao TC dos postos de trabalho, foram utilizados os tempos dos processos *standard* do departamento TEF e confirmados através de cronometragem. Na Tabela 17 estão exemplos destes tempos e os restantes encontram-se no Anexo B. A parte sombreada diz respeito ao número de postos de trabalho utilizados para produzir a família de produtos correspondente. Estas 3 famílias servirão também para exemplificar uma das sequências de caixilhos elaborada.

## APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

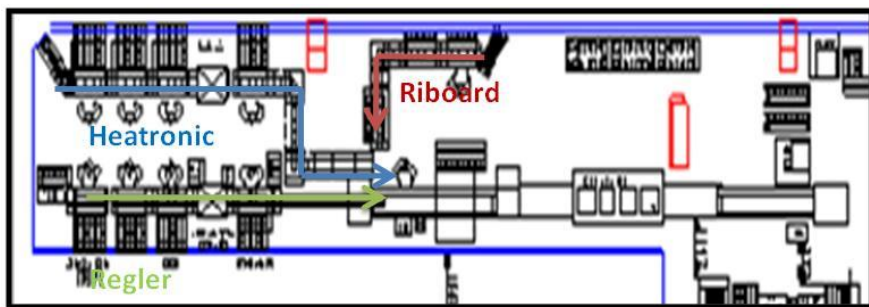
**Tabela 17 – Tempos de Ciclo para diferentes famílias e números de postos de trabalho**

<i>Heatronic</i>	TC	Saída 2Placas
Manual - 1 posto	111,6	223,2
Manual - 2 posto	55,8	111,6
Manual - 3 posto	37,2	74,4
Manual - 4 posto	9,3	18,6

<i>KME-Riboard</i>	TC	Saída 2Placas
Manual - 1 posto	116	232
Manual - 2 posto	58	116
Manual - 3 posto		0

<i>Regler</i>	TC	Saída 2Placas
Manual - 1 posto	27,1	54,2
Manual - 2 posto		0
Manual - 3 posto		0

A sequência de caixilhos a circular no *conveyor* vai depender essencialmente da cadência de saída das placas dos respectivos braços visto que a inexistência de uma placa afecta o respectivo caixilho. O ideal seria ter um caixilho e a placa respectiva pronta para colocar no caixilho de forma a não fazer esperar o posto de trabalho que coloca os caixilhos. Para além de não haver tempos de espera, evita que o TC de saída do *conveyor* não seja alterado, pois a espera de um posto de trabalho atrasa todos os trabalhos que estão à frente. Assim, com os 19 caixilhos a circular durante o tempo destes fazerem um ciclo completo (tempo de ida e volta) que é aproximadamente 14 minutos, definiu-se uma sequência possível para as três famílias *Heatronic*, *Regler* e *Riboard*, com o fluxo de material representado na Figura 74.



**Figura 74 – Fluxo de placas**

A sequência foi definida recorrendo à construção de uma macro no Excel que a partir do Tempo de Ciclo fez gerar a representação das placas no momento em que estas estão prontas e em que momento é se tem duas placas para preencher um caixilho. Na Figura 75 apresenta-se apenas uma combinação possível. Contudo, não é apenas necessário a combinação possível, mas sim a combinação que faça cumprir o plano estabelecido.

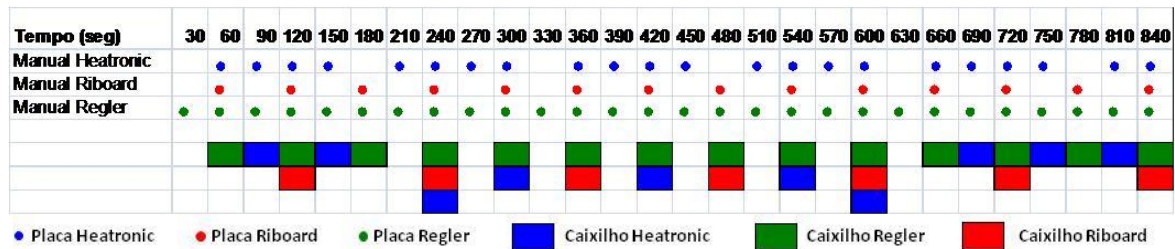


Figura 75 – Esquema que representa a saída de placas dos 3 braços e a possibilidade ter caixilho pronto

A partir de todas as possibilidades para construir uma sequência, há condições para escolher uma que seja o *standard*, cumprindo com todos os objectivos. Para além da sequência, é possível saber qual o número máximo de caixilhos por produto para cada ciclo, que será explicado na secção seguinte.

#### 5.1.4 Cálculo do N° de Caixilhos por Produto

Seguidamente foi necessário calcular o número de caixilhos de cada família que é necessário ter no *conveyor* respeitando os 19 caixilhos (no máximo). A quantidade de caixilhos de cada família tem que garantir que as montagens finais não param, tendo em conta o Tempo de Ciclo destas, presente na Tabela 18.

Tabela 18 – Tempo de Ciclo das células de montagem final

Família	TC (seg)	TC (min)
<i>Heatronic</i>	60,93	1,02
<i>IXM</i>	311,59	5,19
<i>Regler</i>	76,17	1,27
<i>Riboard</i>	92,64	1,54
<i>Nefit</i>	90,5	1,51
<i>CAE</i>	69	1,15

Assim, para o Tempo de Ciclo menor (o mais crítico portanto), que se refere ao da família de produtos *Heatronic* fez-se o cálculo da seguinte forma:

- Considerou-se o TC da montagem final
- O n° de placas consumidas no espaço temporal de 1h = 60
- O n° de caixilhos que necessitam de passar pelo *conveyor* de forma a abastecer as 60 placas =  $\frac{N^{\circ} \text{ placas Mont. Final}}{N^{\circ} \text{ placas por caix.}} = \frac{60}{2} = 30$  (14)
- O n° de ciclos que o *conveyor* faz numa hora =  $\frac{1h}{\text{tempo de fazer 1 ciclo}} = \frac{3600}{840} = 4,29$  (15)
- O n° de caixilhos necessários a circular =  $\frac{n^{\circ} \text{ de caix. nec.}}{N^{\circ} \text{ Ciclos}} = 7$  (16)

Com os 7 caixilhos reservados para a família *Heatronic* sobram 12 caixilhos para os outros 2. O mesmo se fez para a família *Riboard* visto que tanto este como o *Heatronic* são produzidos num

## APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

braço dedicado. E assim, os restantes ficam para o braço cujo número de famílias a serem produzidas é maior. Portanto, o número de caixilhos necessários para a família *Riboard* é 6, e deste modo sobram outros 6 para o *Regler* por exemplo. Na Tabela 19 está um resumo destes cálculos de acordo com os passos acima explicados.

Tabela 19 – Tabela de apoio ao cálculo do nº de caixilhos

	<i>Heatronic</i>	<i>Riboard</i>
TC (seg) M.F.	60	76
Placas produzidas 1h	60	47
Caixilhos Necessários	30	23,5
Nº caixilhos na Sequência	7	5,5

De acordo com a Figura 75 e o número de caixilhos necessários para a formação de uma sequência dos 19 caixilhos, procedeu-se à formação desta, presente na Figura 76. Não é garantido que esta seja a sequência óptima, mas é aquela que garante o mínimo de esperas na colocação de placas nos caixilhos e a que garante um *output* estável.



Figura 76 – Sequência para produção de *Heatronic/ Regler/ Riboard*

Devido às elevadas temperaturas da máquina de solda e da lavagem que é feita aos caixilhos não é possível fazer qualquer tipo de pintura nestes. As cores facilitavam a visualização contudo é impossível aplicar qualquer tipo de químico no material. Deste modo, foram atribuídos números de forma sequencial como apresenta a Figura 76, o 9 diz respeito ao *Heatronic*, o 11 ao *Regler* e o 12 ao *Riboard*. Estes números foram gravados em todos os caixilhos de forma a não saírem com o passar do tempo.

Esta sequência revela ser uma sequência de fácil memorização e intuitiva para a colaboradora, permitindo definir um *standard*.

### 5.1.5 Sequências para um turno de trabalho

A partir da sequência criada foram feitas as seguintes sequências, isto é, quando acabar a produção do *Regler*, procede-se à mudança para outro produto e assim sucessivamente. Esta mudança deverá ser sinalizada através de um pequeno cartão anexo à placa desde o 1º posto de trabalho (Figura 77), avisando desta forma os postos seguintes que irá proceder-se à mudança. Esta sugestão foi aplicada devido às dificuldades apontadas pelas colaboradoras dos postos do meio da linha em identificar o momento da mudança.

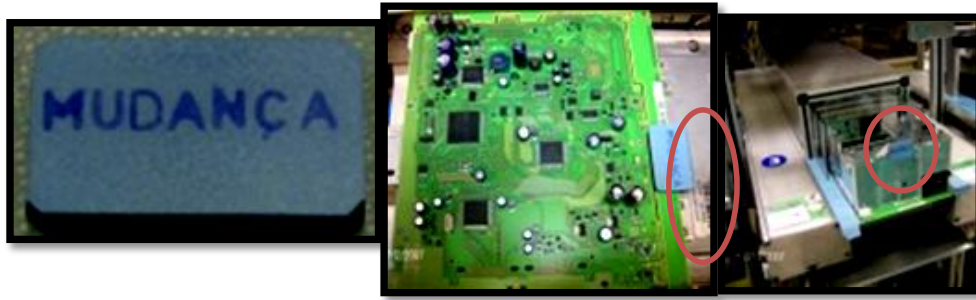


Figura 77 – Cartão de aviso de mudança

O TC de cada produto é agora dependente desta sequência criada e é possível saber quando começa e termina a produção de cada um. Para este exemplo, a Tabela 20 resume o que foi explicado, isto é, para a produção do *Regler* apenas são necessários cerca de 98 minutos visto que é a produção de metade da produção de *Regler* (Tabela 14). A outra metade será produzida mais tarde de forma a não formar muito *stock* devido à diferença de TC entre os dois processos (TC no fim do *conveyor* = 29 segundos e TC da montagem final = 87 segundos).

Tabela 20 – Tabela de apoio ao cálculo do tempo de produção para a sequência

Produtos	TC p/ Caix. (seg)	TC p/ Placa (seg)	Tempo (min) Nec. Produzir	Feitos (menor tempo)
<i>Regler</i>	117	29	97,6	50
<i>Heatronic</i>	103	51	432	57
<i>Riboard</i>	117	59	371	50

Deste modo, foram feitas as várias sequências para os 3 turnos, especificando o tempo necessário para produção e criando uma sistemática, sabendo desta forma se cada turno tem capacidade para o que lhe compete produzir. De seguida, na Tabela 21 apresenta-se as sequências de caixilhos para 1º turno tendo em conta as famílias de produtos a serem produzidas, sendo que os restantes estão presentes no Anexo J.

Relativamente ao tempo de produção foram considerados todas as pausas que foram apresentadas na secção 4.2 (Tabela 4) e o tempo normalmente dispendido para as mudanças, 10 minutos.


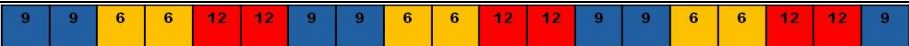
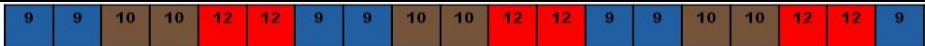



Como é possível verificar na Tabela 21, a partir das 14h não existe mais produção em dois braços, ficando apenas o braço da família *Heatronic*, contudo, neste caso não são necessários os 19 caixilhos a circular no *conveyor*, visto que para o tempo de fazer um ciclo, esta manual não tem capacidade para produzir as placas necessárias para tal, sendo esta a razão para apenas ter 15 caixilhos. Esta situação faz com que haja grande desaproveitamento do *conveyor*, e principalmente da máquina de solda, sendo necessário aumentar—para quatro operadores no *Heatronic* para completar a produção. Este tempo poderá ser aproveitado para produzir produtos C que não estão contabilizados no plano e por isso foi importante a análise ABC.



## APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

De forma a saber quando começa e termina a produção de cada produto foi necessário elaborar alguns cálculos de apoio que estão presentes na Tabela 22 semelhantes à Tabela 20.

**Tabela 21 – Sequência de caixilhos para o 1º turno**

Início	Fim	Sequência
06h05	07h20	
07h33	07h56	
08h05	09h15	
09h25	10h15	
10h25	11h05	
11h35	12h35	
12h45	13h00	
13h05	13h50	
13h55	14h30	

**Tabela 22 – Tabela de apoio à sequência de caixilhos**

Produtos	TC p/ Caixa. (seg)	TC p/ Placa (seg)	Tempo (min) Nec. Produzir	Feitos (menor tempo)/ Acum.	
<i>Regler</i>	117	29	97,6	50	
<i>Heatronic</i>	103	51	432	57	
<i>Riboard</i>	117	59	371	50	
RVC	117	6,5	70,3	35	
<i>Heatronic</i>	103	51	335	41	98
<i>Riboard</i>	117	59	273	36	86
<i>Nefit</i>	117	29	48,8	25	
<i>Heatronic</i>	103	51	264	29	127
<i>Riboard</i>	117	59	203	25	111
<i>Regler</i>	117	29	97,6	50	
<i>Heatronic</i>	103	51	215	57	184
<i>Riboard</i>	117	59	123	50	161
CAE	117	29	56,6	29	



<i>Heatronic</i>	103	51	56,6	33	217
<i>Riboard</i>	117	59	118	29	190

<i>Heatronic</i>	56,8	27,9	33	36	253
------------------	------	------	----	----	-----

Após a realização da sequência de produção apresentada, conclui-se que o 1º turno é o turno com mais carga de trabalho, em contrapartida, o 3º turno é o mais folgado. Neste sentido, propõe-se que a carga de trabalho seja distribuída pelo 3º turno de modo a ficar balanceada. No 2º turno sobram apenas 15 minutos, sendo que pode ser aproveitado para a começar a produção de um produto C.

Para que esta sistemática seja mais flexível em relação à capacidade da linha e ao pedido do cliente, elaborou-se sequências de produção de caixilhos para dois cenários possíveis. O primeiro cenário diz respeito ao plano nivelado até agora falado e o segundo em situações de diminuição da quantidade de produção, diminuindo consequentemente o número de colaboradores. Isto acontece algumas vezes no braço do produto *Riboard*, fazendo com que se altere necessariamente a sequência de caixilhos, sendo, portanto, necessário estabelecer um *standard* para ambas as situações. No Anexo J (Figura 95) está presente um exemplo de uma possível sequência a nova situação.

Uma das vantagens desta sequência é que permite ter uma produção horária definida. Até então não havia uma sequência de lançamentos, isto é os *Kanbans* de produção eram misturados e não tinham uma colocação lógica no quadro de nivelamento. Para além disso, a função deste quadro não estava a ser cumprida, que é apontar os desvios caso a produção não seja como prevista.

#### 5.1.6 Standards para postos de trabalho 4 e 5

O bom funcionamento destas sequências de produção propostas na secção 5.1 está dependente de alguns postos de trabalho e do cumprimento de algumas regras. Deste modo, é necessária a criação e actualização de *standards* para os postos de trabalho 4 e 5 da Figura 78, criação de *standards* para as sequências e gestão visual nos carrinhos e caixilhos.

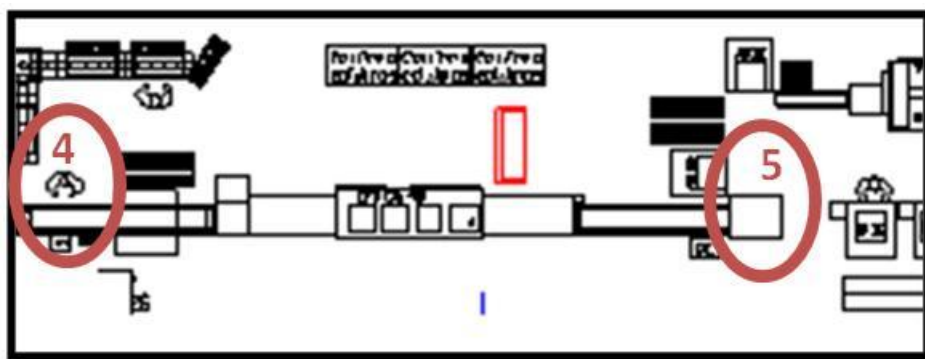


Figura 78 – Postos de trabalho com necessidade de *standards*

## APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Relativamente ao posto 4, existem vários aspectos susceptíveis a mudanças. O primeiro e bastante importante é criar um *standard* para as mudanças de produto. As mudanças devem ser rápidas de forma a permitir que estas aconteçam mais vezes e por isso, é necessário trabalhar sobre o *Quick ChangeOver*. Anteriormente, já se verificou que o tempo despendido para mudanças de caixilhos devido às mudanças de produto é um problema que necessita de ser resolvido. Este tempo era despendido nas seguintes tarefas realizadas pela mesma pessoa: retirar o caixilho do *conveyor*, coloca-lo num carrinho, retirar o novo caixilho e colocá-lo no *conveyor* (secção 4.2.2). A proposta que visa melhorar este tempo consiste em ter duas pessoas a realizar a mudança, ou seja, quando faltar cerca de 5 minutos para mudar de produto, o chefe de linha ou outro sistema terá que avisar uma colaboradora (que poderá ser a colaboradora ‘versátil’ da própria linha) que irá ajudar a do posto 4. Esta deve preparar um carrinho com os caixilhos referentes ao novo produto e quando a colaboradora do posto 4 começar a retirar os caixilhos do *conveyor*, não irá precisar de se deslocar ao local dos carrinhos, poupando assim, deslocamentos desnecessários na ordem dos 11,4 metros por caixilho mudado.

Um outro ponto que pode afectar directamente a sequência de caixilhos criada, correndo o risco de a perder é a rejeição dos produtos por parte do AOI. Cada vez que isto acontece, a colaboradora não poderá tornar a colocar o caixilho deliberadamente como acontece. Para a sequência ser cumprida, terá que esperar que o *conveyor* faça um ciclo de forma a colocá-lo na posição estabelecida.

Para as sequências criadas foi elaborado um documento que foi colocado no posto de trabalho 4 da Figura 78 para que a colaboradora possa consultar sempre que tenha dúvidas sobre qualquer uma das sequências. Este documento (Figura 79) transmite informação sobre a quantidade de caixilhos de cada família a circular na sequência assim como a sua posição e a identificação de cada caixilho.

Sequências		
Produto	Identificação Caixilho (Nº)	Quantidade de Caixilhos
Heatronic	9	7
KME/ Riboard	13/ 12	6
Regler	11/6	6

9	9	11	11	12	12	9	9	11	11	12	12	9	9	11	11	12	12	9
---	---	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	---

125 Bosch  
2  
Department | 23/02/2011 | © Robert Bosch GmbH 2011. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.


 **BOSCH**

Figura 79 – Documento *standard* para as sequências

A actualização do *standard* do posto 5 (que retira as placas dos caixilhos) passará por dar prioridade à operação de retirar os caixilhos do *conveyor* de forma a libertar o caixilho para ele prosseguir no *conveyor* e retornar ao posto 4, garantindo assim, que este não irá ficar à espera.

### 5.1.7 Aplicação de 5S na Organização dos Carrinhos

A identificação de carrinhos permite uma melhor organização destes, de forma a estarem apenas os necessários e no local correcto, sendo um exemplo de aplicação de 5S e gestão visual. Para além disso, esta arrumação e identificação permite uma poupança no tempo ao retirar e colocar caixilhos nos carrinhos, visto que não há perda de tempo na procura destes. A identificação seguiu os seguintes passos: 1) seleccionar o tipo de caixilhos que se iria colocar em cada carrinho e retirar os que não eram necessários; 2) colocou-se uma placa metálica em cima de cada carrinho com a identificação dos caixilhos que estão dentro dele e o nome do respectivo produto. Na parte lateral do carrinho, limitou-se o local de colocação de cada tipo de caixilho com o correspondente número como se pode visualizar na Figura 80.

Cada carrinho tem espaço para 20 caixilhos, logo, é possível colocar até 3 tipos de caixilhos no mesmo carrinho, contabilizando espaço e facilitando as mudanças. Este carrinho servirá para a

colaboradora colocar perto do seu posto de trabalho de forma a evitar o deslocamento e ser mais rápido.



**Figura 80 – Identificação de carrinhos**

Uma outra alteração foi nos caixilhos. Na elaboração das sequências foram atribuídos números aos produtos para facilmente se identificar. Do mesmo modo, pretende-se que seja feito com os caixilhos. Todos os caixilhos devem ser identificados com números diferentes e esse mesmo número também deve estar identificado em cada braço no qual é produzida a placa respectiva, para desta forma ser associada ao caixilho. Assim, qualquer colaboradora saberá qual a placa a colocar no caixilho. Por um lado, este *standard* resolverá problemas de rotatividade, visto que devido a este posto ser o *bottleneck* e à sua complexidade há uma grande tendência em colocar a mesma colaboradora de forma a não atrasar mais o processo. Isto acontece também devido à dificuldade em formar pessoas neste posto de trabalho. Por outro lado, com esta identificação facilmente se verifica se a sequência está a ser cumprida e facilita a colocação de caixilhos correctamente por parte da colaboradora.

### **5.2 Definição da FIFO Lane**

A definição da *FIFO Lane* esteve dependente da quantidade consumida na montagem final e da produção da montagem manual e só é conseguida com a estabilidade criada com sistemática dos caixilhos. A montagem final nas células é o cliente interno da montagem manual e esta deverá produzir apenas o que a montagem final necessita, sendo portanto, a montagem final a puxar a produção.

É importante relembrar que a formação de uma *FIFO Lane* é necessária porque a linha tem que produzir os restantes produtos, e por isso a necessidade de ter esta divergência nos TC e um *stock* entre os dois processos para que não haja paragens.

A família de produtos *Heatronic* tem os TC sincronizados, não precisando, portanto de *stock* de *containers* entre os processos, contudo, está reservado espaço para os casos de avarias, falta de material ou outro desvio e para mudanças de turno. No entanto, para as outras famílias, o TC não está sincronizado, por isso, é necessário criar uma quantidade de inventário que suporte o abastecimento das células de montagem final não só pela divergência de TC mas pela diversidade de produtos que tem que ser feita numa mesma linha.

Deste modo, a diferença entre a quantidade consumida e produzida dos diferentes processos será o máximo de *stock*. Este *stock* máximo é uma forma de aviso para mudança de produto na montagem manual, mudando também a sequência. As equações 17,18 e 19 descrevem os cálculos desenvolvidos para a obtenção do *stock* máximo.

$$\text{Tempo Turno} - \text{Tempo Produção}_{\text{produto}} = \text{Tempo Produtivo} - \text{Tempo N/Produtivo} \quad (17)$$

$$\text{Nº placas Nec.} = \frac{\text{Tempo Produtivo} - \text{Tempo N/Produtivo}}{\text{TC MF}} \quad (18)$$

$$\text{Nº Containers Nec.} = \frac{\text{Nº Placas Nec.}}{12} \quad (19)$$

Na Tabela 23 estão os valores obtidos para número de containers de cada família de produtos para suportar o abastecimento das células de montagem final.

**Tabela 23 – Determinação do número de containers de segurança**

Produto	Equação 17	Equação 18	Equação 19
<i>Riboard</i>	86	55,7	5
<i>Regler</i>	130,9	51,5	5
CAE	N/A	N/A	5
<i>Nefit</i>	408,2	270,6	11
RVC	N/A	N/A	6
IXM	389	75	4
<i>Trim-Mid</i>	N/A	N/A	23 × 2

Apesar de serem seguidos os mesmos procedimentos para todos, conclui-se que para alguns produtos não fazia sentido, nomeadamente para o *CAE*, *RVC* e o *Trim-Mid*. Tanto o *RVC* como o *Trim-Mid* são produtos que não são feitos nas células de montagem final descritas. Estes produtos são feitos em células do 1º piso e que têm um desfasamento entre turnos que iria fazer com que aumentasse a quantidade de produto, não sendo este necessário. Deste modo, a quantidade de produto entre processos deverá corresponder à quantidade real. Para o *CAE* procede-se ao mesmo raciocínio, visto que a célula de montagem final é a mesma que a do *Riboard*, sendo processados alternadamente. Esta quantidade é de menor importância em relação ao *Ribord*, por isso, apenas terá

## APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

as necessidades reais de cada dia. Para cada um deles acrescentou-se um *container* de segurança para mudanças de turno ou falhas no sistema.

O espaço que estes *containers* irão ocupar está demonstrado na Figura 81 sendo que cada parte corresponde a um piso, isto é, um em cima e outro por baixo, ocupando menos área.

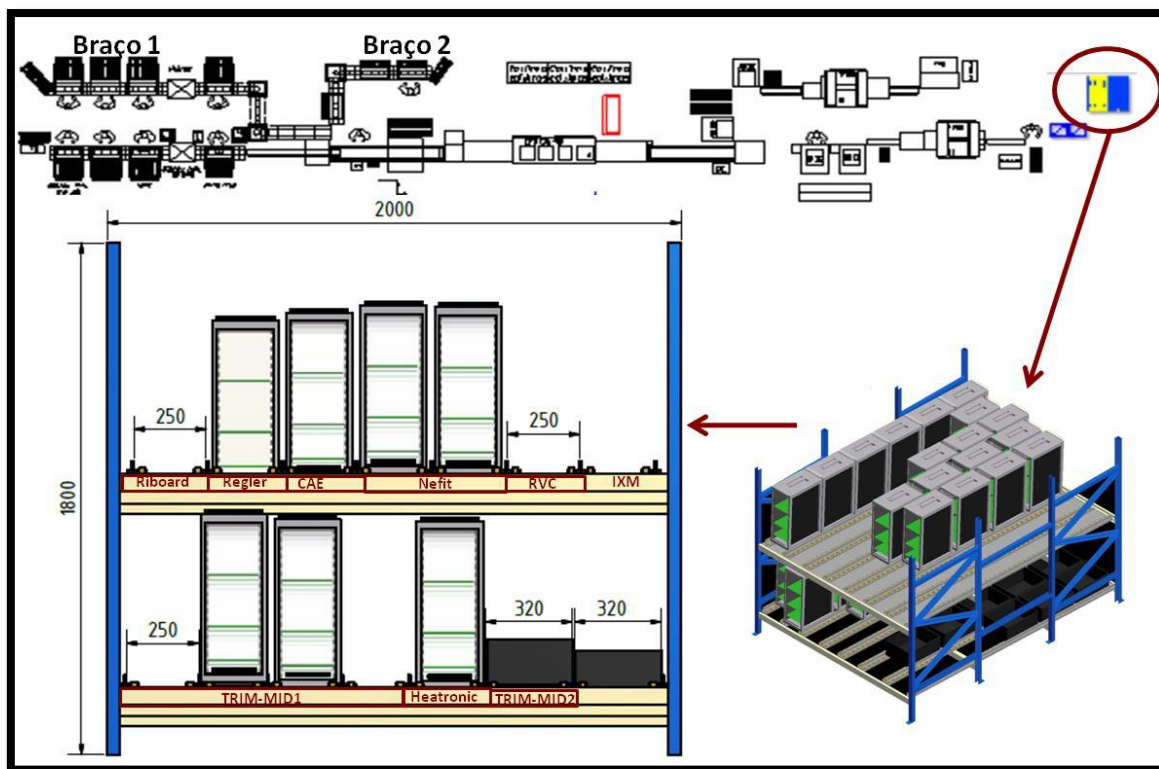


Figura 81 – Espaço ocupado pela FIFO Lane

Na Tabela 24 está representada a quantidade existente em cada fila da estante e se existe sobreposição.

Tabela 24 – Informação sobre as quantidades no supermercado

Família	Nº containers p/ fila	Nº filas	Sobreposição
<i>Riboard</i>	5	1	1
<i>Regler</i>	5	1	1
CAE	5	1	1
<i>Nefit</i>	6/5	2	1
RVC	6	1	1
IXM	4	1	1
<i>Trim-Mid 1</i>	6/5	4	1
<i>Heatronic</i>	1	1	1
<i>Trim-Mid 2</i>	6	1	4

A identificação de cada rampa será feita com um cartão semelhante ao da Figura 82 que dará informações sobre o produto que está em cada rampa, a quantidade máxima e a direcção do FIFO.

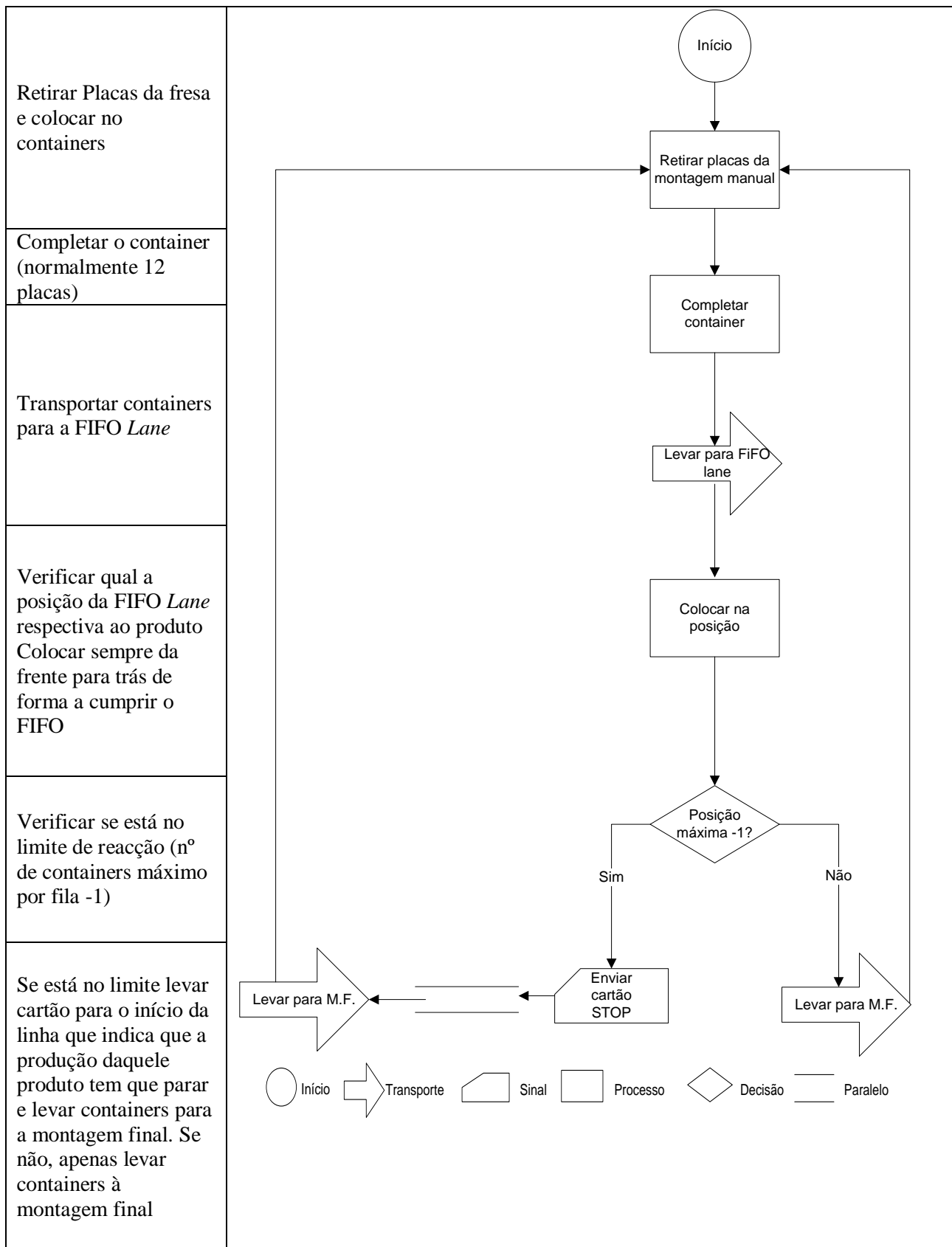


Figura 82 – Proposta de novo cartão de identificação de produto

#### 5.2.1 Sistemática de funcionamento da FIFO Lane

Concluída a definição da FIFO Lane, é necessário criar uma sistemática para o seu funcionamento satisfazendo as premissas que foram descritas ao longo do capítulo. Assim, a elaboração de um *standard* para o colaborador que está responsável pelo abastecimento das células de montagem final é imprescindível para que haja uma normalização das tarefas. Na Figura 83 está presente um esquema de sequências de operações a realizar pelo operador e na Figura 84 apresenta-se a respectiva folha de trabalho *standard* para as tarefas na linha *Heatronic*.

## APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA



**Figura 83 - Sistemática de funcionamento da FIFO Lane**



Folhas de Trabalho Standard (StAB)		Secção		Linha / Célula		Produto / nº de tipo / Família		BOSCH													
		MOE26		Linha manual Heatronic		TT															
Seqüência de operadores / Total		Supervisor		Planeador		Data		Ciclo Planeado [(s)]													
				I.Dias/TEF1		20-03-2011		432,0													
nº	Descrição	Tempo				Tempo de processo [(s)]															
		Man	Aut.	Man 2	Desloc																
1	Retirar placas da fresa e colocar no container (12)	324,0																			
2	Transportar containers para a FIFO lane																				
3	Colocar container na rampa da frente para trás	10,0			7,0																
4	Levar cartão STOP para a linha																				
5	Retirar containers da FIFO lane e colocar no carrinho	7,0			34,0																
6	Transportar containers para a montagem final																				
					50,0																

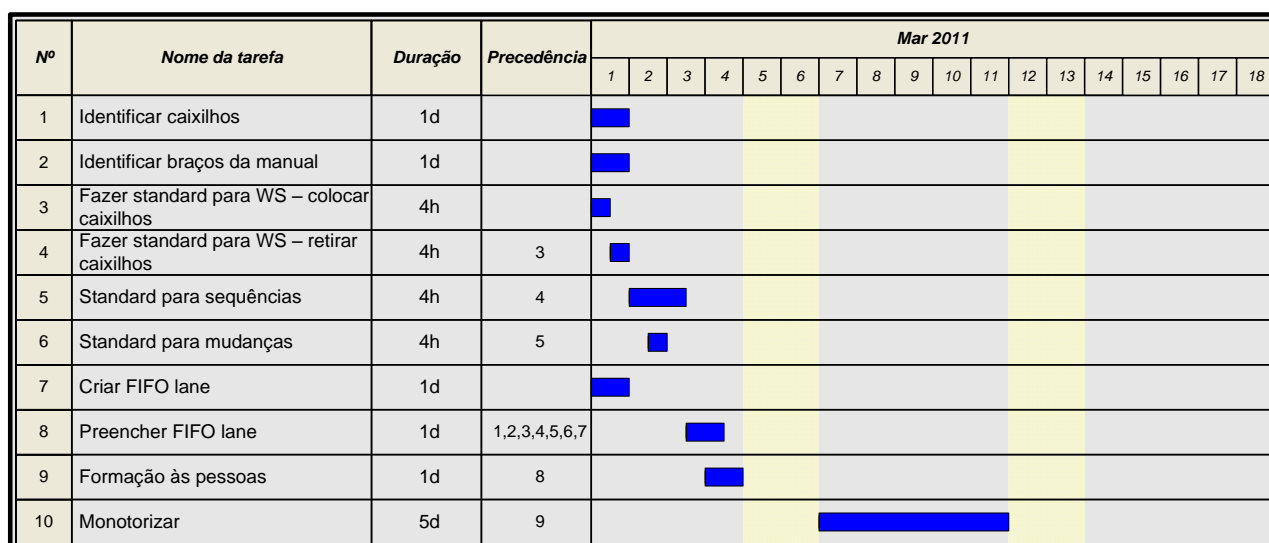
**Figura 84 – Folha de trabalho *standard***

### 5.2.2 Actividades necessárias para implementar a sequência de caixilhos e FIFO Lane

Após a proposta para a sequência de caixilhos estar preparada, foi elaborado um plano de implementação com as actividades necessárias para a implementação da proposta referentes à sequência de caixilhos e FIFO Lane (Tabela 25). Inicialmente, identificaram-se as actividades e as precedências de cada uma. Seguidamente, estabeleceu-se a duração de cada actividade com base na experiência de projectos anteriores e depois elaborou-se um gráfico de Gantt, como se pode verificar na Figura 85.

**Tabela 25 – Actividades do plano de implementação**

	Actividades	Precedências	Responsável	Objectivo
1	Identificar caixilhos e carrinhos		TEF	Aumentar nível de gestão visual
2	Identificar braços da manual		TEF	Aumentar nível de gestão visual
3	Fazer <i>Standard</i> para PT		TEF	Colaboradora saber quais as funções a desempenhar
4	Fazer <i>Standard</i> para sequências	3	Ariana	Colaboradora saber quais as funções a desempenhar
5	Fazer <i>Standard</i> para mudanças	4	TEF	Normalizar a tarefa de forma a ser mais rápida
6	Criar FIFO Lane		Ariana/TEF	Possuir o espaço/ rampas estipuladas
7	Preencher FIFO Lane	1,2,3,4,5,6	Linha	Garantir o funcionamento do 1º ciclo
8	Formação às pessoas	1,2,3,4,5,6,7	Chefe de linha	Fornecer competências e conhecimento para que possam desempenhar as suas tarefas com o melhor desempenho possível.
9	Monitorizar	1,2,3,4,5,6,7,8	Chefe de secção/ linha	Garantir que a sistemática será cumprida



**Figura 85 – Pano de Implementação**

### 5.3 Alteração de Layout

A proposta de alteração de *Layout* (Figura 86) iria implicar várias mudanças no sistema físico, sendo uma questão organizacional. O espaço tem que ter em consideração o abastecimento e projectos futuros que é da responsabilidade do departamento TEF.

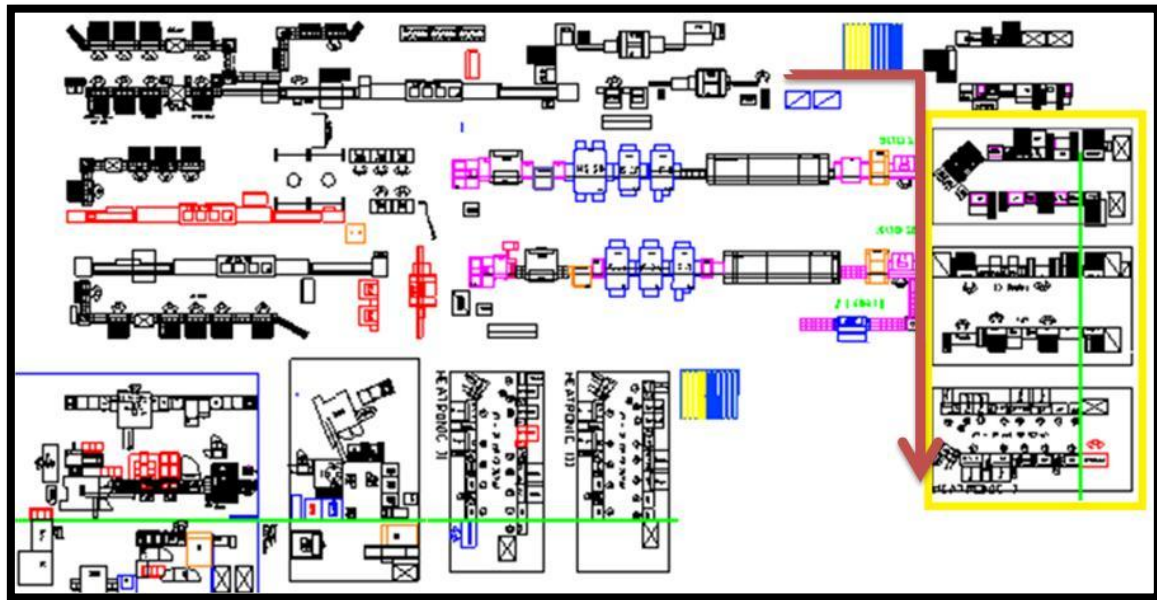


Figura 86 – Proposta de alteração de *Layout*

Uma das condições para mudar o *Layout* é que o fim das células tem que ficar numa zona própria visto que as paletes não podem estar no meio da produção. O procedimento foi aproximar as células de montagem final da linha de montagem manual de forma a minimizar o tempo de transporte e ter apenas um fluxo para este. Isto significaria que serão eliminados os 4 diferentes fluxos de transporte existentes e passar de 40m para 25m de deslocações.

### 5.4 Outras propostas

As propostas até então sugeridas são mais complexas e necessitam de um maior acompanhamento. Contudo, existem outras melhorias que facilmente se aplicam nomeadamente a solução relativa aos calcadores e ao sistema *Andon*. Para o problema dos calcadores, facilmente se resolveu como a Figura 87 apresenta, isto é, com um separador próprio para estes serem colocados. Desta forma, estes calcadores são suportados por barreiras que impedem que se percam.

Em relação ao sistema *Andon*, este iria reduzir o tempo de passagem de informação visto que a colaboradora passaria a ter autonomia para chamar a pessoa responsável pela parte técnica do AOI. Para além disso, o computador que serve de interface entre o AOI e a colaboradora deveria estar mais perto desta para evitar deslocações sempre que este detecta alguma anomalia

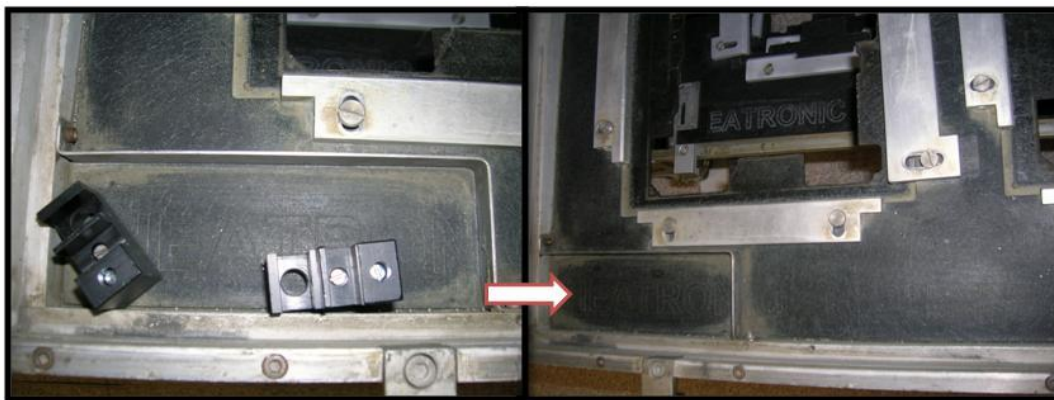


Figura 87 – Separador para colocar calcadores

A alteração da produção em determinado turno é uma questão organizacional e está dependente da empresa, isto é, a decisão de alterar a produção de um turno para outro requer uma gestão e mudança de recursos. Todavia, esta não se mostrou interessada em mudar devido a outras razões.

A aplicação de SMED na troca de caixilhos para completar o que foi abordado na secção 5.1.6 era algo importante pois iria complementar as propostas apresentadas. Visto que a aplicação de SMED pressupõe que as actividades internas devem ser passadas para externas, definiu-se as actividades realizadas na mudança, quais as internas e externas (Tabela 26).

Tabela 26 - Definição das actividades

Actividade	Interna	Externa
Retirar caixilho do <i>conveyor</i>	×	
Colocar caixilho no carrinho	×	
Trazer outro caixilho do carrinho	×	
Colocar caixilho no <i>conveyor</i>	×	
Colocar a placa 1 no caixilho	×	
Colocar a placa 2 no caixilho	×	

O que se pretende será que alguém (a versátil ou o chefe de linha) realize as tarefas que serão passadas para externas, isto é, antes da mudança acontecer de forma a que esta seja realizada rapidamente e que máquina pare poucas vezes, sendo mais eficaz. A Tabela 27 apresenta as tarefas propostas a serem externas, sendo que representam metade.

**Tabela 27 - Definição das actividades após SMED**

<b>Actividade</b>	<b>Interna</b>	<b>Externa</b>
Retirar caixilho do <i>conveyor</i>	×	
Colocar caixilho no carrinho		×
Trazer outro caixilho do carrinho		×
Colocar caixilho no <i>conveyor</i>	×	
Colocar a placa 1 no caixilho		×
Colocar a placa 2 no caixilho	×	

Com esta proposta não foi possível implementação devido a restrições internas da empresa. Esta possui uma pessoa dedicada a este tema e deverá ser da sua responsabilidade qualquer alteração.



## 6 DISCUSSÃO E AVALIAÇÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo pretende-se apresentar alguns resultados de propostas que foram implementadas e outras que não foi possível implementar. As propostas implementadas foram a identificação de carrinhos e caixilhos e a sequência caixilhos. Propostas não implementadas e das quais apenas se pode ter resultados esperados são: implementação da FIFO *Lane* e a alteração de *Layout*.

Das tarefas implementadas, a primeira a ser realizada foi a implementação 5S na identificação de carrinhos e de caixilhos, com o nome do produto e o respectivo número, tal como a Figura 80 demonstrou na secção 5.1.7. A aplicação desta ferramenta passou por todas as fases (desde a triagem e organização até à sistemática) e verificou-se uma melhor organização e gestão visual no local, permitindo também a organização dos carrinhos e maior rapidez nas trocas de caixilhos. Para além disso, a aplicação do suporte para os calçadores foi muito bem sucedida visto que se eliminou a perda dos cerca de 10 calçadores que ocorriam mensalmente.

Seguidamente, foi necessário elaborar o *standard* para as sequências de caixilhos (proposta na secção 5.1.6), para que o posto de trabalho que coloca caixilhos tenha conhecimento da forma de organização destes e para que qualquer colaborador novo saiba como fazer. Este passo foi o mais difícil de implementar. Devido a várias razões encontradas, muitas vezes o *standard* não era cumprido, nem pela colaboradora nem pelo seu superior. Este processo é algo que tem que ser entendido por todos os colaboradores, de forma que as vantagens desta mudança sejam evidentes para eles. A sequência criada foi então testada durante algumas semanas (não consecutivas) de forma a tirar conclusões sobre a viabilidade da sistemática desenvolvida.

O sincronismo entre as placas e os caixilhos foi o parâmetro no qual se verificou manifestamente, a maior diferença entre o que existia e o que foi conseguido. Isto permitiu ter um Tempo de Ciclo da operação mais estável, redução de mudanças de caixilhos não planeadas e redução de *ChangeOver time*. O sincronismo conseguido entre as placas e os caixilhos criou também um sincronismo na actividade da colaboradora, facilitando tarefas e evitando erros de correspondência no retirar e colocar caixilhos. Na Figura 88 está representado o TC obtido em relação ao pLaneado, depois de se desenvolver a actividade no posto de trabalho dos caixilhos e como se pode verificar, o TC sem desvios (gráfico b)) é praticamente sempre inferior ao TC pLaneado e *standard*. Contudo, ainda continuam a existir desvios, pois, não é um “sistema perfeito”, no entanto, as flutuações relativas a estes desvios são bastante inferiores às encontradas no início. Esta estabilidade reflecte-se na eficiência, isto é, no OEE, visto que o factor disponibilidade irá aumentar: deixa de haver perdas

por falta de aproveitamento da máquina e uma diminuição na quantidade de desvios. Teoricamente, este indicador iria subir, pois, com esta estabilidade no TC deixa de haver tantas perdas no processo que se reflecte no cálculo (equações 20 e 21)

$$N^{\circ} \text{ placas} = 1206$$

$$\text{Tempo de Produção (Net Production Time)} = \frac{1206 \times 20,5}{60} = 412 \text{ min (20)}$$

$$OEE = \frac{412}{457} \times 100 = 90\% \text{ (21)}$$

No entanto, ainda há oportunidades de melhoria de forma atingir os 95% desejados pela empresa.

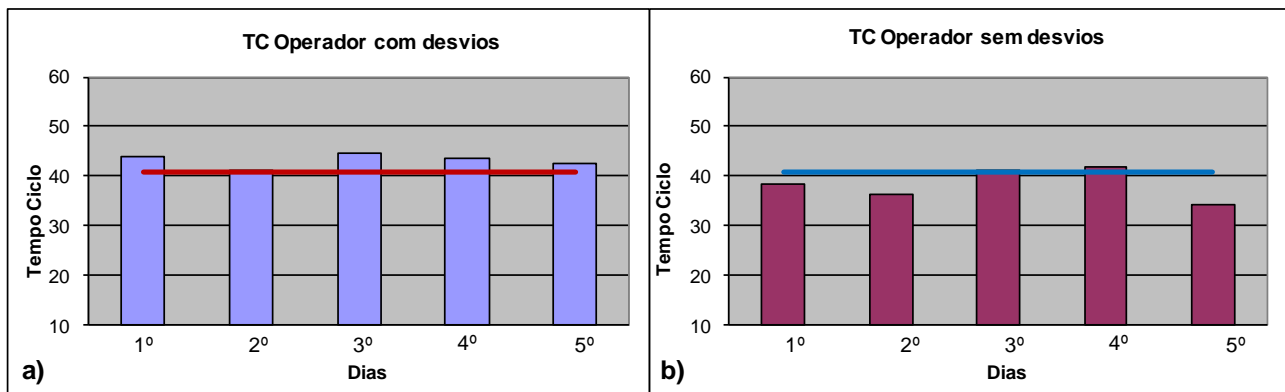


Figura 88 – a) TC com desvios b) TC sem desvios após implementação da sequência

Uma das propostas que não chegaram a ser implementadas foi a *FIFO Lane*, que complementaria a sequência criada (visto que o lançamento da produção e consequentemente os produtos em curso dependeriam também da sistemática da *FIFO Lane*) e portanto só se pode estimar resultados. Assim, chegou-se a alguns resultados teóricos apresentados seguidamente.

Inicialmente, o *stock* existente no final da linha de montagem manual não era controlado e está a ocupar cerca de 9,86 m<sup>2</sup>, sendo que este espaço corresponde a 216 *containers*. Com a definição da *FIFO Lane*, este espaço seria reduzido para mais de metade, isto é, cerca de 3,83 m<sup>2</sup>. Para além da redução do espaço ocupado, passaria a existir um *stock* controlado com níveis máximos de produto. Apesar da redução de espaço em inventário em cerca de 61%, existem ainda oportunidades de melhoria no que diz respeito a este assunto, caso seja possível estabelecer sincronismo entre turnos de montagem final e manual.

Em relação à alteração do *Layout*, este reduziria deslocações de 40m para 25m, significando um ganho de 30 segundos por transporte. Visto que por turno são realizados cerca de 14 transportes, significa ter um ganho de 7 minutos, resultando portanto em mais 7 produtos.

Na Tabela 28 estão presentes as melhorias conseguidas com a resolução de alguns problemas. A coluna relativa aos ganhos teve em consideração o custo do produto e o custo do espaço ocupado, sendo que a primeira parte da tabela (a azul) diz respeito aos ganhos das propostas implementadas.



Na Figura 89 está um exemplo de uma demonstração do cálculo para o ganho obtido com a melhoria do OEE na medida que é melhorado o parâmetro disponibilidade. Resumindo-a, o ganho obtido com o OEE representa tempo de produção que por sua vez representa unidades produzidas e que o cliente está disposto a pagar. Para as restantes propostas, foi utilizado um raciocínio semelhante.

Tabela 28 – Resumo das melhorias encontradas

	Antes	Depois	Ganho (%)	Ganho (€)
<b>TC bottleneck (seg)</b>	Variável	20,4 seg	-	-
<b>Desvio padrão (em relação TC planeado)</b>	24,07	14,38	40	6840,00
<b>Espaço (m<sup>2</sup>)</b>	9,86	3,82	61	731,00
<b>Parâmetro disponibilidade do OEE (%)</b>	80	90	10	5320,00
<b>Change over time (min)</b>	10	2	80	1920,00
<b>Calcadores perdidos (Nº)</b>	10	0	100%	200,00
<b>Mudanças não Planeadas</b>	21%	1%	20	-
<b>WIP máximo (containers)</b>	216	72	67	-
<b>Não cumprimento do plano</b>	16%	8%	50	1960,00
<b>Lead Time (dias)</b>	4,03	3,92	3	4800,00
<b>Distância de transporte (m)</b>	40	25	37,5	-
<b>Tempo transporte (seg)</b>	80	50	37,5	-
				21771,00

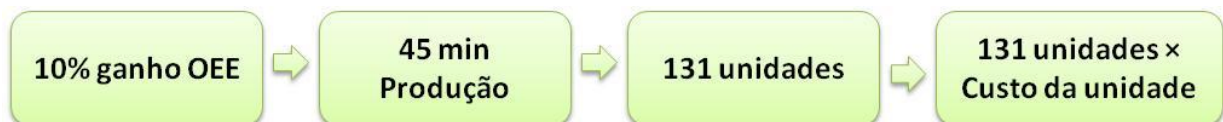


Figura 89 – Demonstração dos cálculos dos ganhos do OEE



## 7 CONCLUSÕES

Neste capítulo apresentam-se as conclusões e trabalho futuro da dissertação desenvolvida para implementação de um sistema *Pull* numa linha de montagem de produtos da área de Termotecnologia da empresa. Adicionalmente, apresentam-se algumas recomendações de trabalho futuro.

### 7.1 Conclusão

O principal objectivo desta dissertação de mestrado foi implementar um sistema *Pull* entre a linha de montagem das placas e as células de montagem final dos controladores de caldeiras para criar sincronismo entre os dois subsistemas e obter um fluxo contínuo de abastecimento placas às células. Para conseguir atingir este objectivo começou-se por tentar perceber onde se encontravam os problemas e as fragilidades do sistema produtivo. Assim, após uma observação atenta ao que se passava na linha e a uma análise a registos existentes, procedeu-se a uma análise crítica da linha, utilizando algumas ferramentas *Lean*.

Uma ferramenta importante para reconhecer oportunidades de melhoria na linha foi o VSM que permitiu também conhecer melhor os processos e o fluxo de materiais na linha. Seguidamente, a sua análise permitiu concluir que o nível de WIP na linha é um dos problemas e detectar um posto de trabalho crítico que limita todo o processo, o posto que colocava caixilhos. Outras ferramentas que ajudaram a perceber as causas dos problemas foram análises do processo através de cronometragem dos vários postos de trabalho, colocação de folhas de marcação sobre paragens de linha e outros desvios. Deste modo, foi possível detectar uma falta de sincronismo e sistemática entre a montagem manual da linha e a entrada da máquina de solda. O posto de trabalho crítico tinha elevado tempo de mudanças e para além disso, mudanças inesperadas. Esta situação causava um desequilíbrio no processo e uma elevada variação no Tempo de Ciclo.

Esta situação mostrava a necessidade de criar uma sistemática para este posto de trabalho que eliminasse mudanças inesperadas e o elevado tempo de mudança, para facilitar as diversas mudanças que aconteciam durante os turnos. Deste modo, criou-se sequências de posicionamento de caixilhos, através da cadência com que os produtos chegam a este posto, evitando tempos de espera, paragens da linha devido a excesso de placas no *conveyor* e mudanças não planeadas. Este foi o primeiro passo para conseguir alguma estabilidade no processo de forma a ligar os dois processos através de um sistema *Pull* – *FIFO Lane*, inicialmente solicitado pela empresa.

A técnica *FIFO Lane* foi analisada e desenvolvida de forma a sincronizar dois processos que não estavam fisicamente ligados. A criação da *FIFO Lane* implicou o cálculo de um nível máximo de *stock* que limita a quantidade de produção, isto é, quando atinge o limite estabelecido, a produção deverá parar de produzir o produto em questão. A criação desta permite reduzir o *stock* existente entre os dois processos, reduzindo necessariamente o espaço ocupado. Esta permitiria ainda garantir o abastecimento das células de montagem final na medida em que se criou a sistemática na sequência de caixilhos no *conveyor* da montagem manual que possibilitou ter estabilidade no processo, estabilizando o tempo de ciclo. A implementação desta proposta foi planeada faltando apenas a sua implementação que ficou a cargo da empresa.

A redução de desperdícios foi conseguida através de várias técnicas: gestão visual e 5S em ferramentas e processos. Dos 7 desperdícios, os mais significativos no que diz respeito à redução são os tempos de espera e as movimentações desnecessárias que afectam directamente a eficiência da linha. O tempo ganho nestes afectou directamente o tempo disponível para produzir.

Sobre as perguntas de investigação colocadas pode concluir-se que o *Kanban* não é uma alternativa à *FIFO Lane* neste caso. A aplicação de *Kanban* iria aumentar o *stock* e espaço em supermercado, pois este refere-se a uma referência de produto enquanto a *FIFO Lane* a uma família que na maioria dos casos se refere a uma célula de montagem final. O DBR, à partida, não será uma boa alternativa visto que o *bottleneck* é o posto de trabalho de colocação de caixilhos e não faz qualquer diferença em haver um *buffer* antes deste. Contudo, é formada uma relevante quantidade de WIP devido às características deste processo. A necessidade de um *buffer* só faz sentido entre os processos de montagem manual e final e não durante um processo.

Finalmente, concluída esta dissertação, é possível afirmar que a técnica *FIFO Lane* é adequada para ligar processos que têm tempos ciclo aproximados. Neste caso, a técnica revelou-se adequada apesar de alguns processos estarem muito desfasados, contudo, a existência de muita variedade de produtos justifica a sua utilização.

## **7.2 Trabalho futuro**

A combinação da sistemática da sequência e da *FIFO Lane* carece de aplicação de 5S e gestão visual em determinados locais e objectos que dão apoio a estes dois modelos.

Apesar de toda a sistemática criada, é necessário que esta seja de fácil utilização e flexível às mudanças de cenário de produção existentes. Isto é, a sequência de caixilhos utilizada tem que facilmente se adequar a flutuações das quantidades produzidas. Assim, a elaboração de um painel de navegação como interface de uma aplicação informática que permitisse gerar automaticamente a

## CONCLUSÕES

sequência de caixilhos tendo em conta todos os parâmetros inerentes ao funcionamento deste tais como o número de operários em cada braço da montagem manual e as quantidades necessárias, era uma mais-valia para o chefe de linha.

Adicionalmente, esta aplicação deveria também permitir calcular a *FIFO Lane* no caso de haver necessidade de alteração deste devido a grandes flutuações nas quantidades requeridas pelo cliente. Isto iria facilitar e dar uma maior flexibilidade à produção em diferentes panoramas de funcionamento no que diz respeito às necessidades do cliente. Para além disso, aconselha-se a empresa a optar por desenvolver e difundir heurísticas no software simulação *Arena* (ou outro) de forma a escolher e otimizar variáveis em projectos semelhantes.



## Referências Bibliográficas

**Ad Esse Consulting Ltd.** (2007) *Visual Management: Seeing Clearly*, Newsletter Actuality

**Afonso, Celina & Alves, Anabela C.** (2009) *Implementation of the Pull Levelling project in a car radio assembly firm. Integrity, Reliability and Failure: Challenges and Opportunities*, Eds. J.F. Silva Gomes and Shaker A. Meguid, Porto, 20-24 July, pp. 415-416 (Ref.: S0233\_A0552). Edições INEGI. ISBN: 978-972-8826-22-2

**Alves, A.** (2007) *Projecto Dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto*, Tese de Doutoramento de Engenharia de Produção e Sistemas, Escola de Engenharia, Universidade do Minho;

**Alves, A. C.; Carvalho, D.; Sousa, R.; Moreira, F. & Lima, R.** (2011) *Benefits of Lean Management: results from some industrial cases in Portugal*, Proceedings do 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2011), 29 Agosto-2 de Setembro, Maputo, Moçambique

**Amir, Z.T.; Banki, M.T.; Vahdatikhaki, F. & Mayam, Z.T.** (2010) “*Mistake-Proofing*” *A Device to Manage Construction Sites More Effectively*, 2<sup>nd</sup> International Conference Engineering Systems Management and Its Applications (ICESMA);

**Barbosa, C.** (2006) *Lean Manufacturing @ Grohe Portugal*, Grohe Portugal, Publicação Interna

**Bergamaschi, D., Cigolini, R., Perona, M. & Potioli, A.** (1997) *Order review and release strategies in a Job environment: a review and classification*, International Journal of Production Research, Vol. 35 nº2, pp.: 339-420

**Bosch**, (2003/2004) *Formação BPS*, Publicação Interna

**Bosch**, (2006) *Total Productive Maintenance*, Publicação Interna

**Bosch**, (2010a) *Apresentação da Bosch Car Multimedia*, Publicação Interna

**Bosch**, (2010b) *Apresentação da Bosch Car Multimedia aos Clientes*, Publicação Interna

**Bosch**, (2010c) *Brochura – Candidatura ao Prémio EFQM*, Publicação Interna

**Bosch**, (2010d) *Introduction of PGL (Planning Guideline) for Workshop attendees*, Publicação Interna

**Carneiro, Paula** (2010) *Introdução à Biomecânica Ocupacional*, Publicação interna, Universidade do Minho, Departamento de Produção e Sistemas

**Carvalho, D., Lago, N. & Ribeiro, L.** (2008) *Redução dos Prazos de Entrega Orientando ao Produto as Tarefas Administrativas numa Empresa de Montagem de Veículos*, 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia;

**Carvalho, R., Alves, A. C. & Lopes, I.** (2011) *Application of principles and practices of Lean Manufacturing in metal mechanics company*, World Conference in Engineering, The 2011 International Conference of Manufacturing Engineering and Engineering Management, 5-6 July, London;

**Cesár, M.; Mendes, S. & Carmo, R.** (2001) *Interagir para Aprender: Processos de Avaliação de um Projecto de Investigação – Acção*, VI Congresso Galaico – Português de Psicopedagogia (vo. II, pp.775-789), Braga, Universidade do Minho

**Chan, F.T.S.** (2001) *Effect of Kanban size on just-in-time manufacturing systems*, Journal of Materials Processing Technology, 116, pp. 146-160

- Costa, P., Alves, A. & Sousa, R.** (2008) *Implementação da metodologia Quick ChangeOver numa linha de montagem final de auto-rádios: para além da técnica SMED*, Proceedings do 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2008), 2-4 de Setembro, Maputo, Moçambique
- Dibia, I.K. & Onuh, S.** (2010) *Sustaining the Human Resource 'the real quality' in Lean Production System*, International Conference on Education and Management Technology, IEEE, 297-300;
- Dickson, Eric W.; Singh, Sabi; Cheung, Dickson S.; Wyatt, Christopher C. & Nugent, Andrew S.** (2009) *Application of Lean Manufacturing Techniques in the Emergency Department*, The Journal of Emergency Medicine, 2 (37), pp. 177–182,
- Dolak, J.; Lathrop, B.; Harper, K. & Spina, R.** (2004) *Standardized Work Module 6.1*, Presentation for: ESD.60 – Lean/ Six Sigma System MIT Leaders for Manufacturing Program (LFM)
- Download Software** (2010) *Constraints Theory*, [online][acedido em 29 de Janeiro de 2011], disponível em: [http://downloadsoftwarestore.com/software\\_images/34/93/00139334/Goldratt\\_Theory\\_MEGA\\_-screenshot.gif](http://downloadsoftwarestore.com/software_images/34/93/00139334/Goldratt_Theory_MEGA_-screenshot.gif)
- Drucker, Peter** (2003) *On the Profession of Management*, A Harvard Business Review Book
- Engelund, Eva Høy; Breum, Gitte & Friis, Alan** (2009) *Optimisation of large-scale food production using Lean Manufacturing principles*, Journal of Foodservice, 20, pp. 4–14
- Feld, W. M** (2000) *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*; Boca Raton, FL: St. Lucie Press
- Fernandes, N. O. G.** (1999) *Controlo da Actividade de Produção com Sistemas CONWIP*, Dissertação de Mestrado pelo Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho;
- Fernandes, N.O. & Silva, S.C.** (2006) *A generic Workload control model for order release and Workflow control*, 18th International Conference on Production Research, Fisciano, Italy
- Fernandes, N.O.G.** (2007) *Contribuições para o Controlo da Actividade de Produção no Sector de Produção por Encomenda*, Tese de Doutoramento de Engenharia de Produção e Sistemas, Escola de Engenharia, Universidade do Minho;
- Ghinato, P.** (2006) *Jidoka mais do que um Pilar da Qualidade*, Lean Way Consulting;
- Gilmore, T.; Krantz, J. & Ramirez, R.** (1986) *Action Based Modes of Inquiry and the Host-Researcher Relationship*, Consultation 5.3: 161.
- Goldratt, E.M.** (1984) *A Meta*, São Paulo:Educator
- Goldratt, E.M.** (1990) *The Haystack Syndrome: Sifting Information from the Data Ocean*, North River Press, Crotonon-Hudson, NY
- Grout, J.R. & Toussaint, J.S.** (2010) *Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start*, Business Horizons, (53), 149-156
- Hallam, C.; Flannery, W. & Liu, S.** (2009) *Lean Production for Technology Management: Increasing Production, Reducing Waste, and quality Improvement Strategies in a Plastic bags Manufacturing Facility*, IEEE, PICMET 2009 Proceedings, Portland, Oregon USA,



- Hallam, C.R.A., Muesel, J. & Flannery, W.** (2010) *Analysis of the Toyota Production System and the Genesis of Six Sigma Programs: An Imperative for Understanding Failures in Technology Management Culture - Transformation in Traditional Manufacturing Companies*, Proceedings of Technology Management for Global Economic Growth (PICMET), IEEE
- Hay, E. J.** (1998) *Just in Time – Implementação de Novas Estratégias de Fabrico*, Monitor – Projectos e Edições, Lda, pp. 9 e 10;
- Herrmann, C; Thiede, S.; Stehr, J. & Bergmann, L.** (2008) *An environmental perspective on Lean Production*, The 41<sup>st</sup> CIRP Conference on Manufacturing Systems
- Heymans, Brian** (2010) *Lean Manufacturing and the Food Industry*, Continuous System Improvement, Kaizen Institute
- Hildreth, P.; Kimble, C.; Wright, P.** (2000) *Communities of Practice in the Distributed International Environment*, Journal of Knowledge Management, 4 (1), pp 27-38
- Imai, M.** (1997) *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management*, Gemba Kaizen; *in a healthcare environment*, European Journal of Operational Research 174; 1060–1075
- Jodlbauer, Herbert & Stöcher, Wolfgang** (2006) *Little's Law in a continuous setting*, International Journal of Production Economics 103, pp. 10-16
- Kerr, John** (2006) *What does "lean" really mean?* Lean Logistics, Special Report, pp. 30-34
- Klippel, A.F., Júnior, J.A.V.A., Klippel, M. & Jorge, R.R.** (2003) *Estratégia de Gestão dos Postos de Trabalho – Um Estudo de Caso na Indústria de Alimentos*, XXII Encontro Nacional de Engenharia da Produção (ENEGEP), Ouro Preto, Brasil
- Kosaka, G.I.** (2006) *Jidoka*, Lean Institute Brasil, [online][acedido em 04 de Abril de 2011], disponível em: [http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo\\_102.pdf](http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_102.pdf)
- LEVEL IN MANUFACTURING FIRMS IN TURKEY**, Publicação Interna Istanbul Technical University, Faculty of Management Industrial Engineering Department
- Liker, J. K; Lamb & Thomas** (2000) *Lean Manufacturing Principles Guide*, National Steel & Shipbuilding Co., versão 0.5
- Liker, J. K.** (2004) *The Toyota Way – 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*; McGraw-Hill; pp. 20-298;
- Liker, J.K. & Morgan, J.M.** (2006) *The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development*, Academy of Management Perspectives, pp. 5-20
- Lippolt, C.R. & Furmans, K.** (2008) *Sizing of Heijunka-Controlled Production System with Unreliable Production Processes*, Springer eBook, Springer;
- Little, J.D.C.** (1961) *A proof of queuing formula  $L=IW$* , Operations Research 9, pp.383-387
- Machado, V.C. & Pereira, A.** (2008) *Modelling Lean Performance*; 4th IEEE International Conference, Universidade Nova de Lisboa; pp. 1308-1312

- Manufactus** (2010) *The Missing part to get a perfect PULL system – KANBAN- Lean, Smart & Simple*, Manufacturing Solutions, [online][acedido em 28 de Novembro de 2010], disponível em: <http://www.manufactus.com/en/>
- Matzka, J., Mascolo, M.D. & Furmans, K.** (2009) *Buffer sizing of a Heijunka Kanban system*”, Journal of Intelligent Manufacturing, Springer;
- Melton, T.** (2005) *THE BENEFITS OF LEAN MANUFACTURING What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*, Chemical Engineering Research and Design, 83 (6), pp. 662-673
- Micco, R.D; Romano, E. & Santilo, L.C.** (2008) *Study and analysis of production dynamics with designed experimentation: sizing of a Pull drum line supermarket*, International journal of Mathematics and Computers in Simulation, 2 (4), 313-327
- Monden, Y.** (1998) *Toyota Production System An Integrated Approach to Just-In-Time*, 3rd Edition, Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineers;
- Mota, P. M. P.** (2007) *Estudo e Implementação da Metodologia SMED e o seu Impacto numa Linha de Produção*, Dissertação Mestrado em Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;
- Muchiri, P. & Pintelon, L.** (2008) *Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE) Literature review and practical application discussion*, International Journal of Production Research, 46(13), pp. 3517-3535
- Narang, R.V.** (2008) *Some Issues to Consider in Lean Production*, IEEE, First International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology
- Oakland, J.** (1993) *Total Quality Management* (2ª Edição), Butterworth Heimann, pp. 276;
- O’Brien, Rory** (1998) *An Overview of the Methodological Approach of Action Research*, Faculty of Information Studies, University of Toronto
- Oliveira, Ana Raquel & Alves, Anabela C.** (2009) *Operating modes in manufacturing cells – An Action Research study*; in Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Manufacturing & Logistics Systems and Symposium on Group Technology and Cellular Manufacturing (GT/CM 2009), (Eds.) Mitsuo Gen, Gursel A. Suer, Hark Hwang, Kap Hwan Kim, Katsuhisa Ohno and Shigeru Fujimara – February 16-18, Kitakyushu, Japan, pp. 107-115;
- Ortiz, Chris A.** (2006) *Kaizen assembly: designing, constructing, and managing a lean assembly line*, Taylor & Francis Group, CRC Press
- Overbeek, A.** (2008) *Manufacturing, FIFO in paint manufacturing company*, [online] [acedido em 11 de Janeiro de 2011] disponível em: <http://en.allexperts.com/q/Manufacturing-1473/2008/8/FIFO-paint-manufacturer-company.htm>
- Paez, O.; Dewees, J., Genaidy, A., Tuncel, S., Kawowski, W. & Zurada, J.** (2004) *The Lean Manufacturing Enterprise: An Emerging Sociotechnological System Integration*, Human and ergonomics in Manufacturing, 14(3), 285-306, Wiley Periodicals, Inc.;
- Parsons, K.C.** (2000) *Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models*; Applied Ergonomics; 31(6); pp. 581-594

- Perinic, M., Ikonc, M. & Maricic, S.** (2009) *Die Casting Process Assessment Using Single Minute Exchange of Dies (SMED) Method*, 48, 199-202;
- Reid, R.** (2002) *Operations Management* (1ª Edição), John Wiley and Sons, Inc, pp. 191;
- Ribeiro, M. F. O. P.** (1998) *Estudo Comparativo de Diferentes Abordagens ao Controlo da Produção Fabril*, Dissertação de Mestrado em Produção Integrada por Computador, Universidade do Minho;
- Robinson, A.G. & Schroeder, D.M.** (1990) *The Limited of SQC in Zero-Defect Environment*, Production and Inventory Management Journal 31(3), 60-65;
- Rocha, G., Alves, A. C. & Braga, F.** (2011) *Implementação de um Sistema Pull numa Linha de Montagem de Componentes Electrónicos*, Proceedings do 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2011), 29-2 de Setembro, Maputo, Moçambique;
- Romero, F.** (2010) *Apontamentos da Unidade Curricular de Metodologias de Investigação*, Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho;
- Rother, M. & Shook, J.** (1999) *Learning To See – Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda* (Versão 1.2), Massachusetts – USA, The Lean Enterprise Institute
- Saint-Onge, H. & Wallace, D.** (2003) *Leveraging Communities of Practice for Strategic Advantage*, Butterworth-Heinemann
- Santos, A.C.O.** (2009) *Análise do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos para Elevação de Restrições Físicas em Ambientes de Produção Enxuta*, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá
- Satoglu, Sule Itr & Durmusoglu, M. Bülent,** *A FIELD STUDY ON MEASURING THE LEAN MATURITY*
- Savsar, M.** (2009) *Modeling and Simulation of a Serial Production Line with Constant Work-In-Process*, Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, 41;
- Schonberger, Richard J.** (2005) *Lean Extended – It's much more (and less) than you think*, Industrial Engineer, pp. – 26-31
- Scyoc, Karl Van** (2008) *Process safety improvement—Quality and target zero*, Journal of Hazardous Materials 159, pp. 42–48
- Sebrosa, R.** (2008) *Modelo de Avaliação das Condições de Aplicação da Produção Magra – O Caso da Indústria Gráfica*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa
- Sekine, Kenichi** (1992) *ONE-PIECE-FLOW - Cell Design for Transforming the Production Process*, Productivity Press, Portland, Oregon
- Shah, R. & Ward, P.T.** (2003) *Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance*, Journal of Management 21(2), 129-149;
- Shingo, S.** (1986) *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke System*, Productivity Press, Cambridge;
- Shingo, S.** (1989) *A Study of the Toyota Production System*, Productivity Press, Portland, Oregon

- Shingo, S.** (1996) *Quick Changeover for Operators: The SMED System*, Productivity Press Development Team;
- Silva, M.** (1996) *Práticas Educativas e Construção de Saberes: Metodologias de Investigação – Acção*, Instituto de Inovação Educacional, Lisboa
- Spearman, M. L. & Zazanis, M. A.** (1992) *Push and Pull Production Systems: Issues and Comparisons*, Operations Research Society of America, 40 (3), 521-532
- Staats, Bradley R., Brunner, David James; Upton & David M.** (2011) *Lean principles, learning, and knowledge Work: Evidence from a software services provider*, Journal of Operations Management
- Süer, G. A., Saiz, M., Dagli, C. e Gonzalez, W.** (1995) *Manufacturing cells loading rules and algorithms for connected cells*, In “Planning, Design and Analysis of Cellular Manufacturing Systems”, Eds. A. K. Kamrani, H. R. Parsaei and D. H. Liles, Elsevier Science
- Sullivan, William G.; McDonald, Thomas N. & Van Aken, Eileen M.** (2002) *Equipment replacement decisions and lean manufacturing*, Robotics and Computer Integrated Manufacturing 18, 255–265
- Susman, Gerald I.** (1983) *Action Research: A Sociotechnical Systems Perspective*, Sage Publications, pp. 95-113
- Tereso, A.** (2010) *Apontamentos da Unidade Curricular Metodologias de Investigação*, Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho;
- The Productivity Development Team** (1998) *Just in Time for Operators*, Productivity Press, pp. 15-56;
- Toledo, Gama & Vagner, Cavenaghi** (2009) *Measuring performance and Lean Production: a review of literature and a proposal for a Performance Measurement System*, POMS 20th Annual Conference, Orlando, Florida U.S.A.
- Umble, Michael & Umble, Elisabeth J.** (2006) *Utilizing buffer management to improve performance*
- Womack, J.P., Jones, D.T. & Rood, D.** (1990) *The Machines That Changed The World*; Rawson Associates
- Womack, James P., & Jones, Daniel T.** (1996) *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. NY: Simon and Schuster
- Yi-nan, Q. & Zhao-fang, C.** (2009) *The Impact of Supply Chain Strategies on Supply Chain Integration*; Décima Sexta Edição da Conferencia Internacional sobre Gestão da Ciência e Engenharia; Moscovo, Rússia;
- Zhang, A.** (2010) *Wireless Devices Enabled Information System Design Poka-Yokes: A Case Study with a Manufacturing Logistics Process*, Springer Berlin, Heidelberg, 66, 1277-1289;

## **Anexos**

## Anexo A – Símbolos do VSM

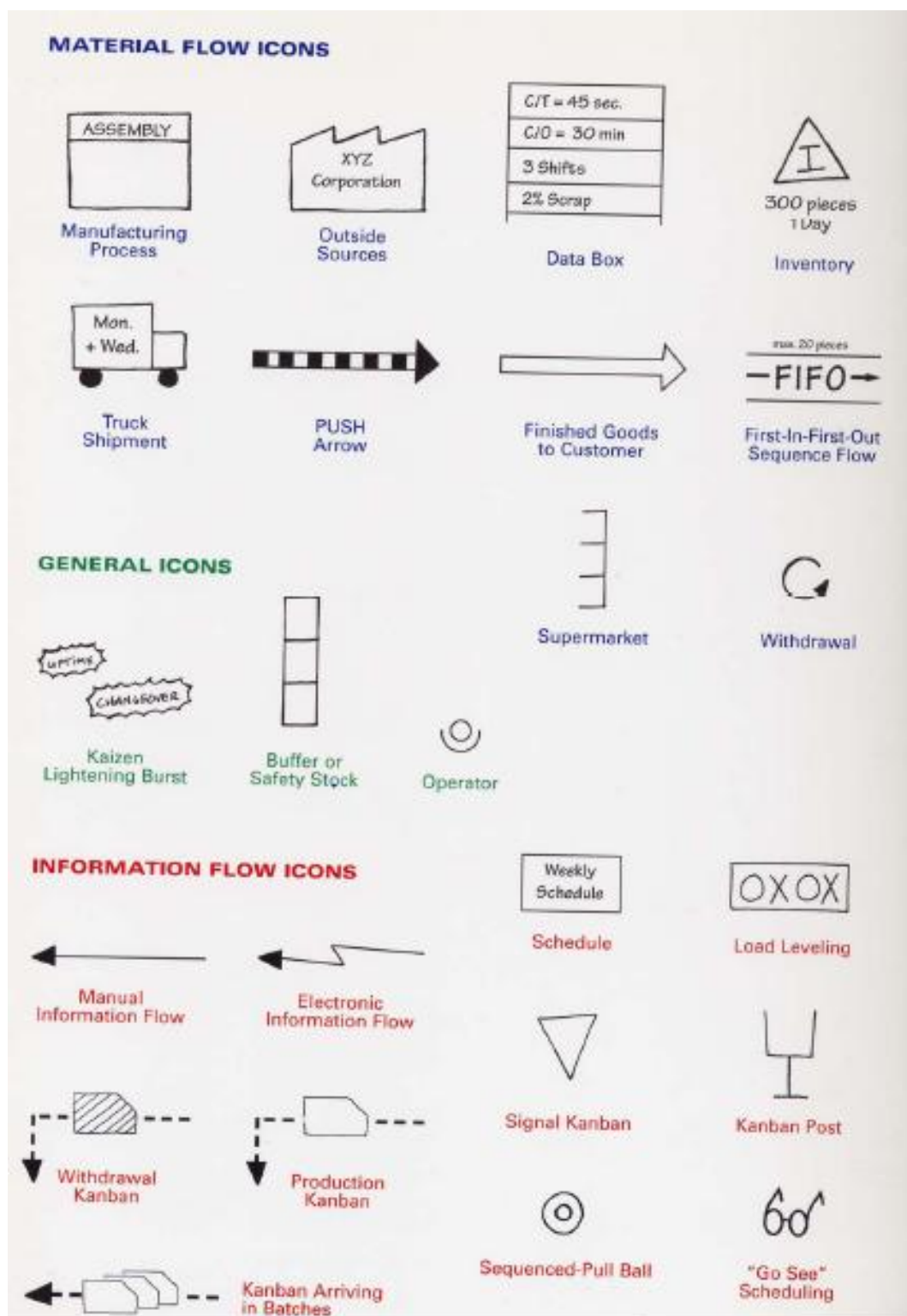


Figura 90 – Símbolos do VSM  
(Rother, 1999)

## Anexo B – Tempo de Ciclo para diferente número de operadores

Tabela 29 – Tempos de Ciclo para cada família

<i>Heatronic</i>	TC	Saída 2Placas
Manual - 1 posto	111,6	223,2
Manual - 2 posto	55,8	111,6
Manual - 3 posto	37,2	74,4
Manual - 4 posto	9,3	18,6

<i>KME-Riboard</i>	TC	Saída 2Placas
Manual - 1 posto	116	232
Manual - 2 posto	58	116
Manual - 3 posto		0

<i>Regler</i>	TC	Saída 2Placas
Manual - 1 posto	27,1	54,2
Manual - 2 posto		0
Manual - 3 posto		0

<i>IXM</i>	TC	Saída 2Placas
Manual - 2 posto	52,85	105,7
Manual - 1 posto	105,7	211,4
Manual - 3 posto		0

<i>Nefit</i>	TC	Saída 2Placas
Manual - 2 posto	52,9	105,8
Manual - 1 posto	105,8	211,6
Manual - 3 posto		0

<i>CAE</i>	TC	Saída 2Placas
Manual - 1 posto	55	110
Manual - 2 posto		
Manual - 3 posto		

<i>RVC</i>	TC	Saída 2Placas
Manual - 2 posto	45	90
Manual - 1 posto	90	
Manual - 3 posto		

<i>Trim-Mid</i>	CT	Saída 2Placas
Manual - 1 posto	49,4	98,8
Manual - 2 posto		0
Manual - 3 posto		0

# Anexo C – VSM Geral

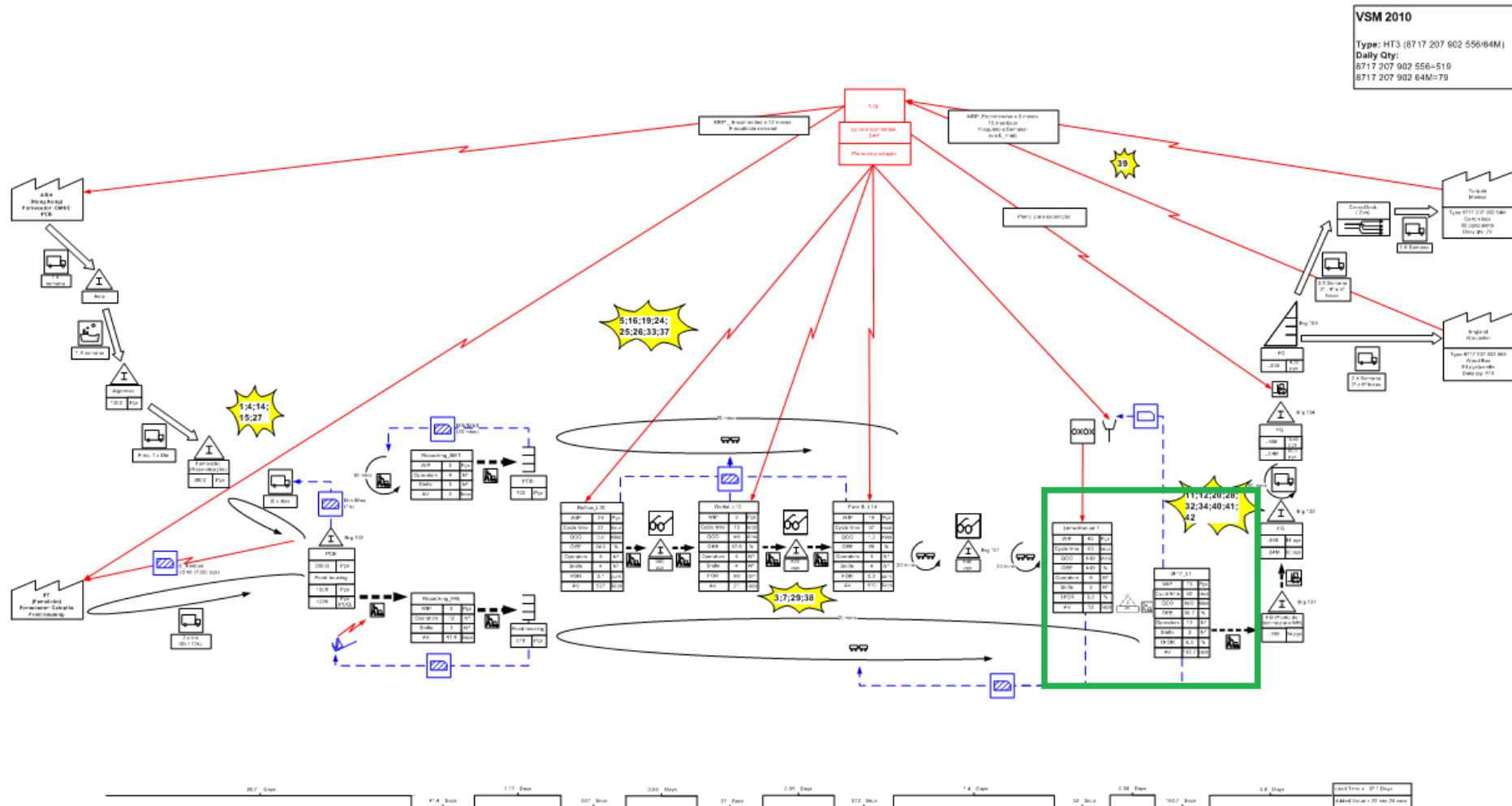


Figura 91 – VSM geral de um produto *Heatronic*



## Anexo D – Folha de cálculo auxiliar ao cálculo da capacidade da linha

Tabela 30 – Folha de cálculo da capacidade

		kanbans															NºEDT Nec.				NºCaix.
Refª	nº placa	1-11-10	2-11-10	3-11-10	4-11-10	5-11-10	Total	1-11-10	2-11-10	3-11-10	4-11-10	5-11-10	Total	PCV	PCV						
		seg	ter	qua	qui	sex	semana	seg	ter	qua	qui	sex	semana								
RIBOARD														2793							
8716113877556	8613.340.182	5	4	2				525	420	210	0			1.155	1	1155	7,19%	578			
87161138705TP	8613.340.182			1	1			0	0	120	120			240	1	240	1,49%	120			
8707207179556	8613.340.236													0	2	0	0,00%	0			
8707207180556	8613.340.237					3		0	0	0	6			6	2	3	0,02%	2			
8707207294556	8613.340.214				3	2		0	0	96	64			160	1	160	1,00%	80			
8707207295556	8613.340.221					7		0	0	0	224			224	1	224	1,39%	112			
871860073A64M	8613.340.241	2	4	4	4	4		144	288	288	288			1.008	1	1008	6,27%	504			
871860073A556	8613.340.241	1,0						96	0	0	0			96	1	96	0,60%	48			
Heatronic																			1444		
8717207901556	8613.360.219	4	4	4	3			336	336	336	252			1.260	1	1260	7,84%	630			
8717207902556	8613.360.244	10	10	10	9			840	840	840	756			3.276	1	3276	20,39%	1638			
871720790264M	8613.360.244													0	1	0	0,00%	0			
8717207747556	8613.360.064													0	1	0	0,00%	0			
8717207923556	8613.300.290	10	11	11	10			840	924	924	840			3.528	1	3528	21,96%	1764			
8717207927556	8613.300.289	5						420	0	0	0			420	1	420	2,61%	210			
8737701323556	8613.300.073	5						420	0	0	0			420	1	420	2,61%	210			
8717207931556	8613.340.113													0	1	0	0,00%	0			
NEFIT																			4452		
774600034A556	8613.350.162	2		2				512		512				1.024	1	1024	6,37%	512			
IXM's																			512		
7719002738556	8613.340.071		1					0	120	0	0			120	3	40	0,25%	20			
7719002739556	8613.340.072			1				0	0	63	0			63	2	32	0,20%	16			
7719002986556	8613.340.071													0	3	0	0,00%	0			
7719002741556	8613.340.081		1					0	63	0	0			63	1	63	0,39%	32			
7719002994556	8613.340.081													0	2	0	0,00%	0			
7719002742556	8613.340.081													0	2	0	0,00%	0			
7719002995556	8613.340.072													0	2	0	0,00%	0			
8718222856556	8613.340.080													0	3	0	0,00%	0			
7719002740556	8613.340.080	1			1			120	0	0	120			240	3	80	0,50%	40			
8718220704556	8613.340.072													0	2	0	0,00%	0			
7719002968556	8613.340.200													0	3	0	0,00%	0			
7719003518556	8613.340.072			1				0	0	63	0			63	2	32		0			
7719003519556	8613.340.081													0	2	0	0,00%	0			
CDCIDC																			108		
76077000145F3	8638.358.948				1			0	0	0	24			24	1	24	0,15%	12			
7607274002170	8638.253.305		1	1				0	38	38	0			76	1	76	0,47%	38			
	8638.253.101													0	6	0	0,00%	0			
76077691505F3	8638.266.518													0	2	0	0,00%	0			
	8638.263.732													0	12	0	0,00%	0			
76077690522GE	8638.251.309	1						0	38	38	0			76	2	38	0,24%	19			
	8638.243.657	1						70	0	0	0			70	12	6	0,04%	3			
Reglers																			72		
7719002923556	8613.340.109													0	2	0	0,00%	0			
7719002910556	8613.340.106													0	2	0	0,00%	0			
7719002883556	8613.340.106													0	2	0	0,00%	0			
7719002507556	8613.340.063													0	2	0	0,00%	0			
7719002818556	8613.340.124													0	2	0	0,00%	0			
7719002911556	8613.340.106													0	2	0	0,00%	0			
7719003516556	8613.340.111													0	4	0	0,00%	0			
7719002889556	8613.340.106													0	2	0	0,00%	0			
7719002917556	8613.340.107													0	2	0	0,00%	0			
7719002921556	8613.340.109													0	2	0	0,00%	0			
7719002922556	8613.340.109													0	2	0	0,00%	0			
7719003504556	8613.340.106													0	2	0	0,00%	0			
7719003508556	8613.340.109													0	2	0	0,00%	0			
7719003510556	8613.340.063													0	2	0	0,00%	0			
7719002926556	8613.340.188													0	2	0	0,00%	0			
7719002884556	8613.340.107													0	2	0	0,00%	0			
7719002914556	8613.340.106													0	2	0	0,00%	0			
7719002916556	8613.340.106													0	2	0	0,00%	0			
7719002924556	8613.340.109													0	2	0	0,00%	0			
7719002927556	8613.340.109			1	1			0	0	90	90			180	2	90	0,56%	45			
7719002933556	8613.340.063													0	2	0	0,00%	0			
7719002942556	8613.340.111													0	4	0	0,00%	0			
7719002944556	8613.340.111	2			1			312	0	0	156			468	4	117	0,73%	59			
7719002945556	8613.340.111													0	4	0	0,00%	0			
7719002943556	8613.340.111	1						30	0	0	0			30	4	8	0,05%	4			
7719003502556	8613.340.253	4	3	4	3			360	270	360	270			1.260	2	630	3,92%	315			
7719002909556	8613.340.106		2					0	180	0	0			180	2	90	0,56%	45			
7719003508556	8613.340.063													0	2	0	0,00%	0			
7719002920556	8613.340.107													0	2	0	0,00%	0			
7719002930556	8613.340.063													0	2	0	0,00%	0			
7719002966556	8613.340.184													0	2	0	0,00%	0			
7719002963556	8613.340.111													0	4	0	0,00%	0			
7719002907556	8613.340.110													0	2	0	0,00%	0			
7719002926556	8613.340.188													0	2	0	0,00%	0			
7719003506556	8613.340.107													0	2	0	0,00%	0			
7719003507556	8613.340.188	1	1	2				90	90	180	0			360	2	180	1,12%	90			
7719002956556	8613.340.184													0	2	0	0,00%	0			
7719003512556	8613.340.110													0	2	0	0,00%	0			
7719003503556	190													0	2	0	0,00%	0			
7719002932556	187	2	2	2	2			180	180	180	180			720	2	360	2,24%	180			
7719002918556														0	2	0	0,00%	0			
TRIM-MID																			558		
871860073A64M	8613.340.242	2	4	4	4			144	288	288	28										

## Anexo E – Distribuição do Diagrama de Capacidade

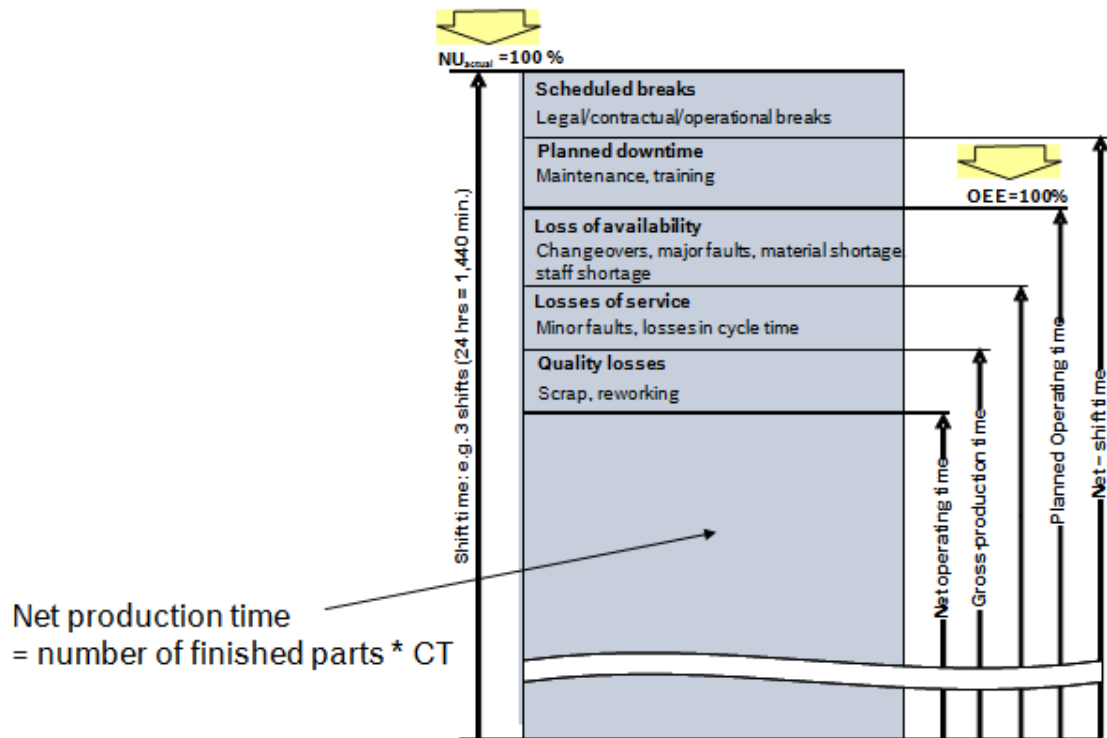



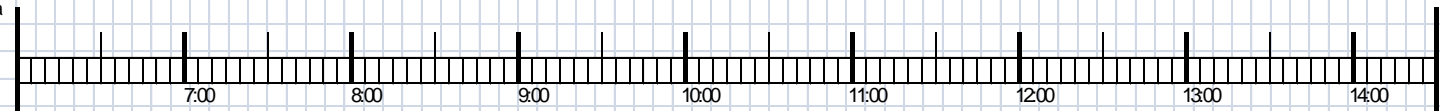
Figura 92 – Diagrama de capacidade  
(Bosch, 2009)

## Anexo F – Folha de Marcação das Paragens

	<h3>Paragem de Linha - Heatronic</h3>	<h3>DBE</h3>
---	---------------------------------------	--------------

Cod. Falha

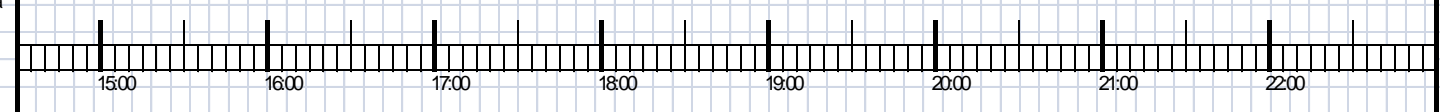


Ref. 6:00

14:30

Quant.

Cod. Falha

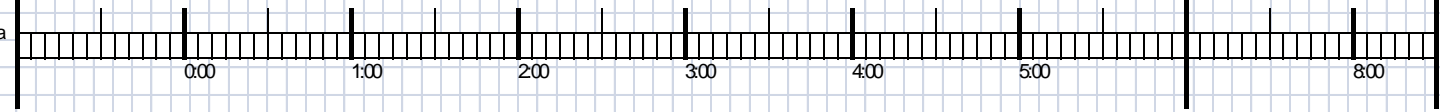


Ref. 14:30

23:00

Quant.

Cod. Falha



Ref. 23:00

8:30

Quant.

**Causas das Paragens:**

1 - Avarias	4 - Linha cheia
2 - Falta de Material	5 - Mudanças
3 - Reuniões	6 - Outros

Quando pausa menor ou igual a 2min - Traçar um risco  
Quando pausa maior a 2 min - Pintar quadrado

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
DBE1/ Ariana Araújo	BrgP/ DBE	4	06-09-2010	1 de 1

Figura 93 – Folha de paragem do *Heatronic*

## Anexo G – Análise do Tempo de Ciclo

Tabela 31 – Folha de análise de Tempo de Ciclo Dia 15

Dia 15

Process analysis cycle time					Plant					Date					Bosch Production System							
Line		Goods number/family type					Observed cycle (working place nr.)					CT Planned		+15% -15%		CT min.	CT max.	Cycle time average				
												39		44,9 33,2		24,00	104,00	41,82				
Nr.	Cycle time [Sec.]	Graphical representation of cycle time																				Note (Reasons for fluctuations)
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	
1	29,00																					
2	36,00																					
3	44,00																					colocou caixilho
4	51,00																					Tirou Nefit para pôr Regler
5	55,00																					Tirou 2 caixilhos Riboard (só 1 pessoa na Ma
6	35,00																					
7	31,00																					
8	33,00																					
9	37,00																					
10	47,00																					Chegaram 2 placas da montagem final
11	70,00																					Retirar caixilho mau
12	29,00																					
13	37,00																					
14	32,00																					
15	44,00																					
16	39,00																					
17	55,00																					
18	50,00																					Retirar Riboard, colocar Heatronic
19	31,00																					
20	37,00																					
21	51,00																					Retirou Caixilho
22	46,00																					
23	24,00																					
24	25,00																					
25	104,00																					Faltou calçador
26	37,00																					
27	61,00																					Retirou Regler, coloco Nefit
28	38,00																					
29	25,00																					
30	42,00																					
31	33,00																					
32	35,00																					
33	44,00																					Reguas dos caixilhos presas
34	25,00																					
35	39,00																					
36	59,00																					Colocar caixilho Regler
37	56,00																					Teve que Retirar placas do convoyer porque c
38	29,00																					
39	36,00																					

Tabela 32 - Folha de análise de Tempo de Ciclo Dia 16

Process analysis cycle time		Plant															Date		Bosch Production System						
Line	Goods number/family type	BrgP															Observed cycle (working place nr.)		CT Planned	+15%	-15%	CT min.	CT max.	Cycle time average	
																	39		44,9	33,2		23,00	283,00	57,84	
Nr.	Cycle time [Sec.]	Graphical representation of cycle time																							Note (Reasons for fluctuations)
		15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300				
1	45,00																						Colocou caixilho		
2	41,00																								
3	43,00																								
4	48,00																								
5	23,00																								
6	39,00																								
7	38,00																								
8	33,00																								
9	36,00																								
10	34,00																								
11	35,00																								
12	57,00																						Erro Aoi e retirar caixilho		
13	40,00																								
14	39,00																								
15	51,00																						Colocou caixilho		
16	50,00																						Erro		
17	42,00																								
18	36,00																								
19	204,00																						EPM parada e foi reparar a máquina		
20	233,00																						EPM parada e foi reparar a máquina		
21	55,00																						Colocou caixilho		
22	78,00																								
23	105,00																						Retirou caixilho		
24	25,00																								
25	42,00																								
26	29,00																								
27	31,00																								
28	69,00																						Retirou caixilho		
29	70,00																						Retirou caixilho		
30	24,00																								
31	53,00																						Colocou caixilho		
32	31,00																								
33	56,00																						Retirou caixilho		
34	47,00																						Colocou caixilho		
35	42,00																						Colocou caixilho		
36	44,00																								
37	140,00																						Retirou e colocou caixilho		
38	59,00																								
39	35,00																								
40	79,00																						Trocar para regler		
41	35,00																								
42	30,00																								
43	74,00																						Erro e troca de caixilho		
44	66,00																						Calçador difícil de colocar (IXM)		
45	120,00																						Erro		
46	25,00																								
47	50,00																						Entrou Trim-Mid		
48	28,00																								
49	41,00																								
50	53,00																						Retirou caixilho		
51	38,00																								
52	35,00																								
53	29,00																								
54	51,00																								
55	31,00																								
56	40,00																								
57	38,00																								
58	92,00																						Colocar caixilho		
59	37,00																								
60	45,00																								
61	31,00																								
62	53,00																						Colocar Trim-Mid		
63	283,00																						AOI parado- Erro placa regler		
64	58,00																						colocar caixilho		

Tabela 33 - Folha de análise de Tempo de Ciclo Dia 17

Process analysis cycle time				Plant				Date				Bosch Production System										
Line		Goods number/family type				Observed cycle (working place nr.)				CT Planned		+15%		-15%		CT min.		CT max.		Cycle time average		
										39		44,9		33,2		22,00		105,00		43,66		
Nr.	Cycle time [Sec.]	Graphical representation of cycle time																				Note (Reasons for fluctuations)
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	
1	45,00																					
2	39,00																					
3	22,00																					
4	40,00																					
5	34,00																					
6	67,00																					colocou caixilho
7	105,00																					tirou caixilho
8	61,00																					colocou caixilho
9	33,00																					
10	35,00																					
11	55,00																					tirar caixilho regler e pôr lxm
12	35,00																					
13	37,00																					
14	36,00																					
15	28,00																					
16	23,00																					
17	46,00																					
18	65,00																					colocar caixilho regler
19	28,00																					
20	52,00																					caixilho não correspondia à placa
21	68,00																					caixilho não correspondia à placa
22	57,00																					
23	26,00																					
24	42,00																					caixilho não correspondia à placa
25	35,00																					
26	37,00																					
27	44,00																					
28	30,00																					
29	42,00																					
30	55,00																					retirar caixilho
31	34,00																					
32	41,00																					

Tabela 34 - Folha de análise de Tempo de Ciclo Dia 18

Process analysis cycle time					Plant					Date					Bosch Production System							
Line		Goods number/family type			Observed cycle (working place nr.)					CT Planned		+15%	-15%	CT min.		CT max.		Cycle time average				
										39		44,9	33,2	23,00		188,00		50,29				
Nr.	Cycle time [Sec.]	Graphical representation of cycle time																				Note (Reasons for fluctuations)
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
1	72,00																					Colocar caixilho CAE (série piloto)
2	52,00																					
3	26,00																					
4	80,00																					erro
5	39,00																					
6	38,00																					
7	40,00																					
8	44,00																					
9	48,00																					demorou mais tempo a colocar transformador
10	58,00																					
11	34,00																					
12	37,00																					
13	35,00																					
14	110,00																					erro régua. Retirar caixilho
15	54,00																					
16	40,00																					
17	34,00																					
18	111,00																					Colocar caixilho CAE. Nova placa
19	100,00																					
20	23,00																					Já estava caixilho no caminho
21	36,00																					
22	24,00																					
23	45,00																					
24	58,00																					
25	50,00																					Colocar caixilho CAE
26	188,00																					peças fora da placa e teve que tirar caixilho
27	29,00																					
28	37,00																					
29	51,00																					Coloca caixilho CAE que tava no carrinho(com
30	32,00																					
31	40,00																					
32	37,00																					
33	86,00																					erro AOI
34	34,00																					
35	36,00																					
36	33,00																					
37	59,00																					Perguntas
38	34,00																					
39	56,00																					
40	29,00																					
41	66,00																					erro e placas regler não foram tiradas
42	36,00																					
43	81,00																					erro
44	51,00																					erro
45	42,00																					
46	79,00																					peças fora da placa

Tabela 35 - Folha de análise de Tempo de Ciclo Dia 19

Process analysis cycle time			Plant		Date			Bosch Production System														
Line	Goods number/family type		Observed cycle (working place nr.)			CT Planned		+15%	-15%	CT min.	CT max.	Cycle time average										
						39		44,9	33,2	26,00	92,00	47,26										
		Graphical representation of cycle time																				
Nr.	Cycle time [Sec.]	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	Note (Reasons for fluctuations)
1	50,00																					
2	42,00																					
3	46,00																					
4	58,00																					colocar transformador KME
5	73,00																					Colocou caixilho regler
6	43,00																					
7	56,00																					Retirou caixilho regler. Faltava placa para com
8	40,00																					
9	31,00																					
10	38,00																					erro. Retirar caixilho
11	44,00																					
12	39,00																					retirar caxilho regler
13	57,00																					caixilho IXM
14	54,00																					
15	33,00																					
16	54,00																					tirou caixilho KME
17	72,00																					erro. Colocar caixilho regler
18	33,00																					
19	45,00																					
20	50,00																					retirou caixilho nefit e colocou regler
21	41,00																					chegou uma placa da final
22	38,00																					
23	26,00																					
24	37,00																					
25	36,00																					
26	92,00																					tirou caixilho KME e colocou regler
27	73,00																					tirou caixilho KME e colocou nefit
28	39,00																					
29	38,00																					
30	27,00																					
31	51,00																					tirou caixilho IXM e colocou regler
32	65,00																					tirou caixilho KME
33	36,00																					
34	37,00																					
35	60,00																					Erro. Tirou caixilho.



## Anexo H – Método de NIOSH

As variáveis necessárias para o calcular os multiplicadores do Peso Limite Recomendado (PLR) são:

H – Distância horizontal entre as mãos e a vertical passando pelos tornozelos no início da elevação;

V – Altura a que é iniciada a elevação;

D – Distância vertical percorrida entre o início e o fim da elevação;

A – Assimetria do movimento de elevação em relação ao plano sagital;

F – Frequência média das elevações (f/min.);

T – Duração do período de trabalho com tarefas de elevação;

P – Qualidade da pega para a preensão dos objectos a elevar (

Tabela 36).

Os multiplicadores necessários para calcular o PLR são:

Multiplicador horizontal:  $MH = \frac{25}{H}$ ; (22)

Multiplicador vertical:  $MV = 1 - [(0,003) \times V]$ ; (23)

Multiplicador de distância:  $MD = 0,82 + \left(\frac{4,5}{D}\right)$ ; (24)

Multiplicador de assimetria:  $MA = 1 - (0,0032 \times A)$ ; (25)

Multiplicador de frequência: MF (retiradas da Tabela 37);

Multiplicador de pega: MP (retiradas da Tabela 38);

Definição da constante de carga, CC=23 kg.

Para calcular o PLR, aplicam-se os multiplicadores anteriormente referidos:

$$\mathbf{PLR = CC \times MH \times MV \times MD \times MA \times MF \times MP} \quad (26)$$

Cálculo do índice de elevação:

$$\mathbf{IE = \frac{Carga Real}{PLR}} \quad (27)$$

Se  $IE < 1$ , Não há risco

Se  $1 < IE < 3$ , Existência de risco. É necessário corrigir situação.

Se  $IE > 3$ , Sério risco de lesão. É necessário alteração urgente.

**Tabela 36 – Determinação da qualidade da pega**  
(Carneiro, 2010)

Qualidade da pega	Condições
Boa	W ≤ 40 cm, H ≤ 30 cm e boas pegas ou recortes Pega com comprimento ≥ 11,5 cm e 2 < Ø < 4 cm Fácil de manipular pela existência de pontos que sejam fáceis de agarrar Superfície da pega permitindo boa aderência com a mão
Aceitável	Objecto com rigidez estrutural e W ≤ 40 cm, H ≤ 30 cm e más pegas ou recortes, ou W ≤ 40 cm, H ≤ 30 cm e ângulo dos dedos com a palma da mão ≤ 90°
Má	W > 40 cm ou H > 30 cm ou dificuldade em pegar ou centro de gravidade instável (líquidos, materiais granulosos, etc.) ou centro de gravidade assimétrico

**Tabela 37 – Auxílio à determinação do multiplicador de frequência**  
(Carneiro, 2010)

Frequência (elevações por minuto) <sup>(1)</sup>	Duração do período com tarefas de elevação, T					
	T ≤ 1 h		1 < T ≤ 2 h		2 < T ≤ 8 h	
	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
0,2	1,00	1,00	0,85	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,82	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

<sup>(1)</sup> Para frequências inferiores a 1 em cada 5 minutos, considerar F = 0,2

**Tabela 38 - Auxílio à determinação do multiplicador de pega**  
(Carneiro, 2010)

Qualidade da pega	Multiplicadores de pega	
	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
Boa	1,00	1,00
Aceitável	0,95	1,00
Má	0,90	0,90

Cálculo do PLR IF da mesma forma, mas para um MF = 1.

Cálculo do IEC IF.

Ordena-se por ordem decrescente de IETS:

$$3,64 \geq 2,20 \geq 0,46$$

Para o IEC:

$$IEC = IETS_1 + \sum \Delta IETS \quad (28)$$

$$\sum \Delta IETS = IETS_2 \times \left( \frac{1}{MF_{1,2,3}} - \frac{1}{MF_1} \right) + IETS_3 \times \left( \frac{1}{MF_{1,2,3}} - \frac{1}{MF_{1,2}} \right) \quad (29)$$

$$(f_{1,2,3} = f_1 + f_2 + f_3 = 0,2 + 0,2 + 0,2 = 0,6)$$

$$MF_{1,2,3} = 0,964$$

$$(f_{1,2} = f_1 + f_2 = 0,2 + 0,2 = 0,4)$$

$$MF_{1,2} = 0,985$$


$$(f_1 = f_1 = 0,2 = 0,2)$$

$$MF_1 = 1$$

$$\sum \Delta IETS = 2,2 \times \left( \frac{1}{0,964} - \frac{1}{1} \right) + 0,46 \times \left( \frac{1}{0,964} - \frac{1}{0,985} \right) = 0,09$$

$$IEC = 3,64 + 0,09 = 3,73$$

## Anexo I – Folha de Análise dos Caixilhos Rejeitados pelo AOI

	<b>Paragem do AOI - Heatronic</b>	<b>DBE</b>
---	-----------------------------------	------------

1º Turno	2º Turno	3º Turno

Sempre que retirar um caixilho no fim do AOI marcar um X

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
DBE1/ Ariana Araújo	BrgP/ DBE	2	02-10-2010	1 de 1

**Figura 94 – Folha de marcação de rejeições no AOI**

## Anexo J – Sequências de caixilhos

Tabela 39 – Sequências de caixilhos para o 2º turno

Início	Fim	Sequência
14h32	16h13	H H RE RE RI RI H H RE RE RI RI H H RE RE RI RI H
16h25	16h37	H H IX IX RI RI H H IX IX RI RI H H IX IX RI RI H
16h50	17h50	
18h00	18h50	H H NE NE RI RI H H NE NE RI RI H H NE NE RI RI H
19h00	19h10	H H RE RE RI RI H H RE RE RI RI H H RE RE RI RI H
19h40	21h10	
21h20	21h40	H H IX IX RI RI H H IX IX RI RI H H IX IX RI RI H
21h45	22h45	


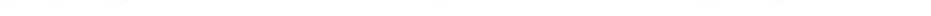


Termina mais cedo 15 minutos

Tabela 40 – Tabela de apoio 2 à sequência de caixilhos

Produtos	TC p/ Caix. (seg)	TC p/ Placa (seg)	Tempo (min) Nec. Produzir	Feitos (menor tempo)/ Acum.	
<i>Regler</i>	117	29	97,6	50	
<i>Heatronic</i>	103	51	432	57	
<i>Riboard</i>	117	59	371	50	
IXM	117	29	68	35	
<i>Heatronic</i>	103	51	335	40	98
<i>Riboard</i>	117	59	273	35	86
<i>Nefit</i>	117	29	48,8	25	
<i>Heatronic</i>	103	51	266	29	126
<i>Riboard</i>	117	59	205	25	110
<i>Regler</i>	117	29	97,6	50	
<i>Heatronic</i>	103	51	217	57	183
<i>Riboard</i>	117	59	156	50	160
<i>Heatronic</i>	70	35	81	30	253
<i>Riboard</i>	103	51	51	30	190

**Tabela 41 - Sequências de caixilhos para o 3º turno**

Início	Fim	Sequência
23h05	1h20	
1h33	3h10	
3h40	4h15	
4h25	5h15	



Termina mais cedo 45 minutos e cerca de 1h estão 2 braços parados. Turno mais folgado

**Tabela 42 – Tabela de apoio 3 à sequência de caixilhos**

Produtos	TC p/ Caixa. (seg)	TC p/ Placa (seg)	Tempo (min) Nec. Produzir	Feitos (menor tempo)/ Acum.	
<i>Trim-Mid 1</i>	117	59	264	135	
<i>Heatronic</i>	103	51	350	154	154
<i>Trim-Mid 2</i>	117	59	264	135	
<i>Heatronic</i>	56,8	27,9	51	48	205



**Figura 95 – Sequência para novo cenário**